







**Flow module, especially fuel cell**

**Publication number:** DE19743067 (A1)  
**Publication date:** 1999-04-01  
**Inventor(s):** SCHMID OTTMAR [DE]  
**Applicant(s):** BALLARD POWER SYSTEMS [CA]  
**Classification:**  
- international: F15D1/02; H01M8/02; H01M8/24; H01M8/04; F15D1/00;  
H01M8/02; H01M8/24; H01M8/04; (IPC1-7): H01M8/02;  
F15D1/00; H01M8/04  
- European: F15D1/02; H01M8/02C; H01M8/24D  
**Application number:** DE19971043067 19970930  
**Priority number(s):** DE19971043067 19970930

**Also published as:**

 DE19743067 (C2)

**Cited documents:**

 DE19602315 (A1)  
 DE4113049 (A1)  
 US5547776 (A)  
 US5527363 (A)  
 EP0415733 (A2)

more >>

**Abstract of DE 19743067 (A1)**

The module has each fluid admission and discharge chamber extending over at least quarter of edge length of flow field A flow module, especially a fuel cell, has structured flow plates on one side or both sides with a number of flow channels (K), between which are formed flow chambers for three or four fluids. At least one fluid admission chamber (Z1-Z3) and one fluid discharge chamber (A1-A3) is present per chamber. The flow channels inside one chamber are parallel to one another and all connect one of the fluid admission chambers to one of the fluid discharge chambers. The flow channels have the same length. The entirety of flow channels of one chamber forms a rectangular flow field which has point symmetry about its mean point. Each fluid admission chamber and each discharge chamber extends at least over a quarter of the edge length of the flow field.; The flow channels go out over the whole length of the fluid admission chamber from it and they open out over the whole length of the fluid discharge chamber into it. The flow chambers for one of the fluids have two deflections.

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 43 067 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
H 01 M 8/02  
H 01 M 8/04  
F 15 D 1/00

21 Aktenzeichen: 197 43 067.8  
22 Anmeldetag: 30. 9. 97  
43 Offenlegungstag: 1. 4. 99

DE 197 43 067 A 1

71 Anmelder:  
Ballard Power Systems Inc., Burnaby, British  
Columbia, CA

74 Vertreter:  
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER  
PATENTANWÄLTE GBR, 70182 Stuttgart

72 Erfinder:  
Schmid, Ottmar, 88677 Markdorf, DE

56 Entgegenhaltungen:  
DE 1 96 02 315 A1  
DE 41 13 049 A1  
US 55 47 776 A  
US 55 27 363 A  
EP 04 15 733 A2  
WO 93 06 627 A1

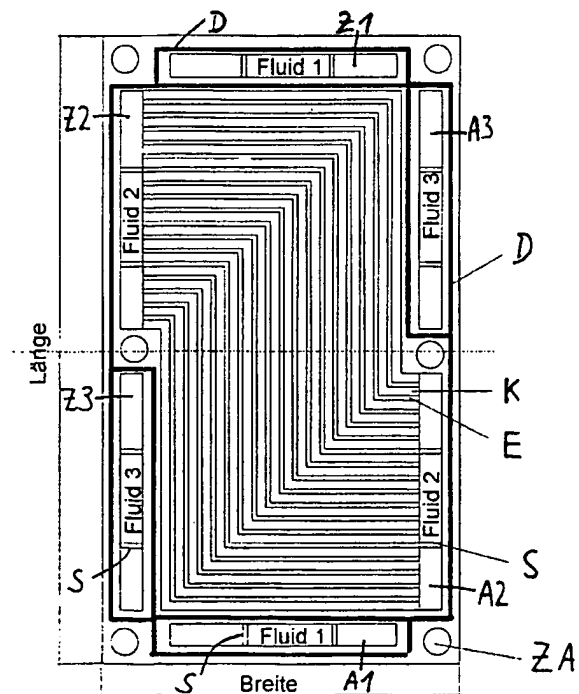
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Strömungsmodul mit Strömungskammern für drei oder vier Fluide

57 Die Erfindung betrifft ein Strömungsmodul, insbesondere Brennstoffzelle, mit einseitig oder beidseitig mit einer Mehrzahl von Strömungskanälen (K) strukturierten Strömungsplatten, zwischen denen Strömungskammern für drei oder vier Fluide gebildet sind, wobei

- pro Kammer mindestens ein Fluidzufuhrraum (Z1-Z4) und ein Fluidabfuhrraum (A1-A4) vorhanden ist,
- die Strömungskanäle (K) innerhalb einer Kammer zueinander parallel sind, und jeweils einen der Fluidzufuhrräume (Z1-Z4) mit einem der Fluidabfuhrräume (A1-A4) verbinden, wobei die Strömungskanäle (K) die gleiche Länge aufweisen, und
- die Gesamtheit der Strömungskanäle (K) einer Kammer ein rechteckiges Strömungsfeld bilden, welches bezüglich seines Mittelpunkts Punktsymmetrie aufweist, und
- jeder Fluidzufuhrraum (Z1-Z4) und jeder Fluidabfuhrraum (A1-A4) sich zumindest über ein Viertel der Kantenlänge des Strömungsfelds erstreckt,
- die Strömungskanäle (K) über die gesamte Länge des Fluidzufuhrraums (Z1-Z4) von diesem ausgehen, und
- die Strömungskanäle (K) über die gesamte Länge des Fluidabfuhrraums (A1-A4) in diesen münden,
- die Strömungskammern für mindestens eines der Fluide zwei, jedoch maximal sechs Umlenkungen aufweisen.



DE 197 43 067 A 1

Die Erfindung betrifft ein Strömungsmodul, insbesondere ausgebildet als Brennstoffzelle, aus einseitig oder beidseitig mit Strömungskanälen strukturierten Strömungsplatten, zwischen denen Strömungskammern für drei oder vier unterschiedliche Fluiden gebildet werden, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Strömungsmodule, in denen drei Fluide unabhängig voneinander geführt werden können, werden in dieser Anmeldung abgekürzt als 3-Kammerströmungsmodule bezeichnet. Ebenso werden Strömungsmodule mit Strömungskammern für vier Fluide auch als 4-Kammerströmungsmodule bezeichnet. Die einzelnen Kammern können in beliebiger Ordnung zueinander vorhanden sein.

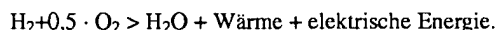
Mit Strömungsmodulen in der Form von Plattenmodulen werden in der Praxis eine Vielzahl von Prozessen durchgeführt. 3-Kammerströmungsmodule werden z. B. in Brennstoffzellensystemen, in Reaktoren oder Membranplattenmodulen eingesetzt. Für einen effizienten Ablauf der Prozesse mit Plattenmodulen werden allgemein nachfolgende Anforderungen an das Plattenmodul gestellt:

- Eine bestimmte Verweilzeit des Fluids in einer Kammer sollte durch konstruktive Anpassung der Strömungsverläufe in den Platten ermöglicht werden.
- Um eine hohe Packungsdichte (Verhältnis aktive Fläche zu Gesamtvolumen des Moduls) zu erzielen, wird eine hohe Flächenausnutzung gefordert.
- Bei Brennstoffzellenanwendungen wird z. B. ein definiertes Verhältnis von Fluidvolumenstrom, der in eine Strömungskammer geleitet wird, zur gesamten aktiven Strömungsfläche derselben Strömungsplattenseite gefordert, oder/und Realisierung eines definierten Druckabfalls pro Längeneinheit entlang der Strömungsführung, um damit einen bestimmten Strömungszustand in den Strömungsplatten zu erreichen.
- Gegenstromführung, um ein homogenes Reaktionsfeld über die Reaktionsflächen zu erreichen sowie eine hohe mittlere logarithmische Konzentrationsdifferenz zu erreichen.

Grundsätzlich wird eine homogene Strömungsverteilung (enges Verweilzeitspektrum) und geringer Druckabfall in den Zu- und Abfuhräumen sowie über die Strömungsfläche der Strömungsplatten gefordert, um maximale Effizienz (Stoff- und Wärmetransportraten) zu erreichen. Erschwerend kommt meist hinzu, daß in einer vorgegebenen Strömungsplattengröße eine geeignete Gestaltung des Strömungsprofils unter Einhaltung der obengenannten Anforderungen erfolgen muß.

Mit bekannten 3-Kammer-Strömungsmodulen können vorstehende Anforderungen nicht hinreichend erfüllt werden. Die dabei auftretenden Probleme werden am Beispiel der Anwendung eines 3-Kammerströmungsmoduls für Brennstoffzellen im folgenden erläutert.

Brennstoffzellen werden vorwiegend in Plattenbauweise und mit einer bipolaren elektrischen Strömungsführung ausgeführt. Die Zellen umfassen jeweils mindestens eine Kathode, einen Elektrolyten bzw. Separator, eine Anode, einer kathodenseitigen Oxidantenkammer und einer anodenseitigen Reaktantenkammer. Die Kammern bestehen vorzugsweise aus Platten, die Vertiefungen, insbesondere in Form von Kanälen enthalten. Hierbei wird das Fluid durch die Kanäle über die gesamte geometrische Plattenfläche an die Elektrode geleitet, um eine möglichst homogene Strömungsverteilung zu erzielen. Die Brennstoffzellenreaktion erfolgt nach der Gleichung:



Die Reaktionswärme wird durch ein Kühlfluid abgeführt, das durch eine separate Kammer fließt. Dies Kühlkammern werden zwischen jeder oder nach mehreren vorstehenden Zellen angeordnet. Ein Stack mit mehreren Zellen wird durch dessen Stapelung erhalten. Die Fluide werden dann in einem Stack über die jeweiligen Fluidzu- und Abfuhräume vorzugsweise parallel in die zugehörigen Fluidkammern geleitet.

Nach den vorstehenden Ausführungen kann somit eine Brennstoffzelle strömungstechnisch als Strömungsmodul mit drei separaten Fluidkammern, der Oxidanten-, Reaktanten- und Kühlkammer, betrachtet werden.

Ausgehend von der Fluidzuführung bzw. vom Fluideintritt einer Strömungsplatte, sinkt der Reaktanten- und Oxidantenpartialdruck mit zunehmender Kanallänge in Richtung Fluidaustritt der Strömungsplatte bedingt durch die Brennstoffzellenreaktion an den Elektroden und damit verbundenen Verbrauch der Fluide.

Der dabei erzielte Umsatz an Edukten kann mittels nachfolgender Faradaygleichung beschrieben werden:

$$(1) V_{F,PI} = i \cdot A \cdot 22,414[\text{nl/mol}]/(F \cdot z)$$

$V_{F,PI}$ : umgesetzter Volumenstrom [nl/s]

$i$ : Stromdichte [ $\text{A/m}^2$ ]

$A$ : geometrische Elektrodenfläche [ $\text{m}^2$ ]

$F$ : Faradaykonstante [ $96494 \text{ As/mol}$ ]

$z$ : Wertigkeit.

Der Wirkungsgrad der Reaktion steigt deutlich mit zunehmendem Gaspartialdruck nach der Nernstgleichung an. Deshalb ist man bestrebt, am Ende des Kanals bzw. am Fluidaustritt der Platte noch einen möglichst hohen Gaspartialdruck zu erreichen. Die Einstellung des Gaspartialdruckes am Plattenaustritt erfolgt durch Bemessungen des Volumenstromes der durch die Kammer der Strömungsplatte geleitet wird. Dabei beschreibt der Überschußfaktor das Verhältnis des Partialvolumenstromes am Eintritt der Platte zum Partialvolumenstrom, der an der Elektrode verbraucht wird.

$$(2) V_{PI} = V_{F,PI} \cdot Y$$

$V_{PI}$ : Partialvolumenstrom durch eine Strömungsplatte  
 $Y$ : Stöchiometriefaktor.

Eine inhomogene Reaktanten- oder Oxidantenkonzentrationsverteilung über die Strömungsfläche führt zur Absenkung des Wirkungsgrads oder sogar zur Zerstörung der Membran-Elektrodeneinheit. Deshalb steht die Realisierung einer homogenen Strömungsverteilung über die Strömungsfläche allgemein im Mittelpunkt der Strömungsplattenkonstruktion. 5

In vorteilhaften Ausführungen der Strömungsplatten werden mehrere parallele Kanäle gleicher Länge über die geometrische Fläche der Elektrode geführt. Dabei erfährt das durch die Kanäle strömende Fluid einen Druckverlust, der durch folgende grundlegende Beziehung berechnet werden kann: 10

$$(3) \Delta p = \psi \cdot l/d_h \cdot \rho \cdot V^2/2$$

$l$ : Kanallänge 15  
 $\rho$ : Fluideichte  
 $V$ : mittlere Strömungsgeschwindigkeit.

$$(4) d_h = 4 A/U = 2 a \cdot b/a+b$$

$d_h$ : hydraulischer Durchmesser 20  
 $\psi$ : Widerstandszahl  
 $a$ : Kanalbreite  
 $b$ : Kanaltiefe. 25

Umlenkungen der Kanäle tragen zur Verbesserung der Reaktion nicht bei und wirken sich negativ auf die Druckverlustoptimierung aus.

$$\text{allgemein: } (5) \Delta p = \xi_k \cdot \rho \cdot V^2/2$$

$\xi$ : Widerstandsbeiwert 30  
 $D$ : Krümmungsdurchmesser  
 $d$ : Rohrdurchmesser bzw. hydraulischer Durchmesser  
 (Detaillierte Berechnungsgleichungen siehe). 35

Der vorstehende erläuterte Strömungsdruckverlust, der meist durch installierte Kompressoren aufgebracht werden muß, vermindert durch seinen Leistungsverbrauch erheblich den Gesamtwirkungsgrad des Brennstoffzellensystems. Der Leistungsverbrauch wird nach folgendem Zusammenhang abgeschätzt:

$$P_v = \eta \cdot dp \cdot V_{PI}$$

$P_v$ : Leistungsverbrauch des Kompressors 40  
 $\eta$ : Wirkungsgrad des Kompressors  
 $dp$ : Fluiddruckverlust über der Platte. 45

Bekannte Brennstoffzellensysteme, die im Bereich von 3 bar Betriebsdruck (Oxidant und Reaktant) arbeiten, verbrauchen zur Komprimierung des Oxidanten bis zu 16% der erzeugten elektrischen Leistung. Vorstehende Zusammenhänge, nämlich mit zunehmendem Betriebsdruck und Überschußfaktor steigt der Brennstoffzellenwirkungsgrad und gleichzeitig steigt der Leistungsverbrauch des Kompressors, weisen auf ein absolutes Maximum des Gesamtwirkungsgrades in Abhängigkeit des Überschußfaktors und Betriebsdruckes hin. 50

Ziel bei der Designgestaltung ist es, einen hohen Brennstoffzellenwirkungsgrad bei möglichst geringem Betriebsdruck und Fluiddruckverlust zu erzielen. In Brennstoffzellen wird auch dafür Sorge getragen, daß das Produktwasser aus den Zellen ausgetragen wird. Diese Funktion wird durch bekannte Verfahren erfüllt, die z. B. über die Wasserdampfänreicherung des Oxidanten oder/und Reaktanten das Produktwassers aus der Zelle austragen. In PEM-Zellen, die vorzugsweise mit sehr geringem Überschußfaktor < 2 betrieben werden, wird der Oxidant wasserdampfübersättigt. Dadurch entstehen Wassertropfen in den Gaskanälen der Strömungsplatten, die zur Aufrechterhaltung eines hohen Wirkungsgrades der Reaktion aus den Kanälen herausgeschoben werden müssen. Insbesondere für diese Aufgabe wirken sich Umlenkungen sehr ungünstig aus. Die Umlenkungen wirken sich in folgender Weise mehrfach negativ auf die Leistungsfähigkeit der Brennstoffzelle aus: 55

- Umlenkungen erzeugen Strömungsdruckverluste, die sich negativ auf den Reaktionsprozeß auswirken.
- Umlenkungen bilden ein erhebliches Hindernis auch für das Herausschieben der Wassertropfen aus den Kanälen.
- Eine Strömungsplatte mit einer Vielzahl von Umlenkungen kann die Schwerkraft für den Austrag der Wassertropfen aus den Kanälen nur eingeschränkt nutzen. 60

An die Strömungsplatten für Brennstoffzellen werden nun folgende Anforderungen gestellt: 65

- homogene Verteilung und Sammlung der Fluide zu bzw. von den Strömungsplatten (Diese betrifft die Ausführung der Fluidzu- und Abfuhräume),
- homogene Verteilung und Sammlung der Fluide zu bzw. von den Kanälen der Strömungsplatten (Diese betrifft insbesondere die Ausführung der Schnittstelle zwischen Fluidzu- bzw. Abfuhräumen und Strömungskanälen),
- Auslegung der Kanalgeometrie in einer Strömungsplatte, so daß ein möglichst geringer Strömungsdruckverlust und hoher Brennstoffzellenwirkungsgrad erzielt wird,
- geringe Gesteungskosten (Verwendung von kostengünstigen Materialien und einfachen Strömungsplattenausführungen).

10 Auf dem Gebiet der Brennstoffzellen sind im einzelnen folgende Vorrichtungen bekannt:

In EP 0 415 733 A2 wird in der dortigen Fig. 2 eine Einkanal-Serpentinenströmungsplatte gezeigt. In dieser Platte befinden sich aufgrund der Verwendung von nur einem Kanal eine Vielzahl von 90°-Umlenkungen. Diese Umlenkungen verursachen eine zusätzlich hohen Druckabfall, der zur Verbesserung des Prozesses nicht beiträgt, und stellt auch eine besondere Blockade für den Austrag des flüssigen Produktwassers aus der Strömungsplatte dar.

15 Das Mehrkanalströmungsprofil in der dortigen Fig. 4 weist ebenso noch sehr viele Umlenkungen auf. Ebenso weist diese Strömungsplatte auch eine sehr niedrige Flächenausnutzung (Verhältnis Strömungsfläche zur Gesamtfläche) auf. Eine hohe Flächenausnutzung ist für die Erzielung einer hohen Leistungsdichte notwendig. Um einen geringen Druckverlust zu erreichen, sind in diesem Fall auch hohe Kanaltiefen erforderlich. Dies erzeugt jedoch deutlich erhöhte Zelldicken und damit geringere Leistungsdichten.

20 US 5,527,363 und US 5,521,018 zeigen ebenfalls eine Einkanal-Strömungsplatte mit Serpentin, die vorstehende beschriebene Nachteile auch aufweisen. Insbesondere die Vorrichtungen entsprechend den dortigen Fig. 7a) und 7b) zeigen Strömungsplatten für Kühlmedien, die eine sehr geringe Wärmeübertragungsfläche realisieren.

Die in US 5,547,776 beschriebenen Strömungsplatten (Fig. 6a und 6b) besitzen ebenso eine Vielzahl von Umlenkungen und eine ungünstig niedrige Flächenausnutzung.

25 Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Strömungsmodul mit separaten Strömungskammern für drei oder vier Fluide anzugeben, das die vorstehend genannten Nachteile überwindet, und insbesondere folgende Anforderungen erfüllt:

- homogene Verteilung und Sammlung der Fluide zu bzw. von den Strömungsplatten,
- homogene Verteilung und Sammlung der Fluide zu bzw. von den Kanälen der Strömungsplatten,
- möglichst geringer Strömungsdruckverlust,
- geringe Gesteungskosten.

35 Diese Aufgabe wird durch den Gegenstand des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sowie deren Verwendung sind Gegenstand weiterer Ansprüche.

Das erfindungsgemäße Strömungsmodul umfaßt einseitig oder beidseitig mit Strömungskanälen strukturierte Strömungsplatten, zwischen denen Strömungskammern für drei oder vier Fluide gebildet sind, wobei

- pro Kammer mindestens ein Fluidzufuhrraum und ein Fluidabfuhrum vorhanden ist,
- die Strömungskanäle innerhalb einer Kammer zueinander parallel sind, und jeweils einen der Fluidzufuhräume mit einem der Fluidabfuhräume verbinden, wobei die Strömungskanäle die gleiche Länge aufweisen, und
- die Gesamtheit der Strömungskanäle einer Kammer ein rechteckiges Strömungsfeld bilden, welches bezüglich seines Mittelpunkts Punktsymmetrie aufweist,
- jeder Fluidzufuhrum und jeder Fluidabfuhrum sich zumindest über ein Viertel der Kantenlänge des Strömungsfelds erstreckt,
- die Strömungskanäle über die gesamte Länge des Fluidzufuhrums von diesem ausgehen, und
- die Strömungskanäle über die gesamte Länge des Fluidabfuhrums in diesen münden,
- die Strömungskammern für mindestens eines der Fluide zwei, jedoch maximal sechs Umlenkungen aufweisen.

50 Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Strömungsplatte für ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul mit Strömungskammern für drei Fluide (3-Kammerströmungsmodul),

Fig. 2, 3, 4 weitere Strömungsplatte für ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul mit Strömungskammern für drei Fluide (3-Kammerströmungsmodul),

55 Fig. 5 Fluidströmungsführung innerhalb eines erfindungsgemäßen Strömungsmoduls bei Verwendung als Brennstoffzellenstack (3-Kammerströmungsmodul),

Fig. 6 Fluidströmungsführung innerhalb eines erfindungsgemäßen Strömungsmoduls bei Verwendung als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Luftbefeuchtung (3-Kammerströmungsmodul),

60 Fig. 7 Fluidströmungsführung innerhalb eines erfindungsgemäßen Strömungsmoduls bei Verwendung als Membranstillationsmodul (3-Kammerströmungsmodul),

Fig. 8 eine Strömungsplatte für ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul mit Strömungskammern für vier Fluide (4-Kammerströmungsmodul),

Fig. 9 eine weitere Strömungsplatte für ein erfindungsgemäßes Strömungsmodul mit Strömungskammern für vier Fluide (4-Kammerströmungsmodul),

65 Fig. 10, 11 jeweils Fluidströmungsführungen innerhalb eines erfindungsgemäßen Strömungsmoduls bei Verwendung als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Befeuchtung und Kühlung der Prozeßluft (4-Kammerströmungsmodul),

Fig. 12 jeweils Fluidströmungsführungen innerhalb eines erfindungsgemäßen Strömungsmoduls bei Verwendung als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Befeuchtung (4-Kammerströmungsmodul),

**Fig. 13** Fluidströmungsführungen innerhalb eines erfindungsgemäßen Strömungsmoduls bei Verwendung als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Befeuchtung und Kühlung der Prozeßluft (4-Kammerströmungsmodul).

### 3-Kammerströmungsmodul

Die **Fig. 1** zeigt beispielhaft eine Strömungsplatte für ein Strömungsmodul mit Strömungskammern für drei Fluide (3-Kammerströmungsmodul).

Ein 3-Kammerströmungsmodul besteht in seiner einfachsten Ausführung aus mehreren übereinander oder nebeneinander angeordneten Strömungsplatten sowie gegebenenfalls zwei oder mehreren Endplatten. Die einzelnen Strömungskammern werden durch die Strömungskanäle K in den Strömungsplatten realisiert. Die Strömungsplatten können einseitig oder beidseitig mit Strömungskanälen versehen werden.

Die in **Fig. 1** dargestellt Strömungsplatte weist Strömungskanäle K für ein Fluid (hier Fluid 2) auf, die insgesamt ein im wesentlichen rechtwinklig ausgebildetes Strömungsfeld bilden. Dargestellt sind außerdem der Zufuhrraum Z2 für Fluid 2 und der zugehörige Abfuhrraum A2 für Fluid 2, die mit den Strömungskanälen K in Verbindung stehen. In der Strömungsplatte sind darüberhinaus die Zu- und Abfuhrkanäle Z1, Z3, A1, A3 für die beiden anderen Fluide (Fluid 1 und Fluid 3) angeordnet. Werden die Strömungsplatten zur Integration des Strömungsmoduls fluchtend über- oder nebeneinander angeordnet, so bilden die Zu- und Abfuhrräume sämtlicher Strömungsplatten Zu- und Abfuhrkanäle für die einzelnen Fluide, wobei Dichtungen D zwischen den einzelnen Strömungsplatten für die Abdichtung der Fluide untereinander sorgen. Die Zu- und Abfuhrräume Z1, Z2, Z3, A1, A2, A3 sind in der gezeigten Ausführung in die Strömungsplatten integriert, d. h. sie bilden Durchbrechungen in der Strömungsplatte. In weiteren, hier nicht gezeigten Ausführung sind die Zu- und Abfuhrräume nicht Bestandteil der Strömungsplatten und werden an die Strömungsplatten als separates Bauteil angefügt.

Die Zu- und Abfuhrräume werden vorteilhaft rechteckig ausgeführt, um eine möglichst homogene Fluidzuführung zu den Strömungskanälen der Platten zu erreichen. Insbesondere in den größeren Zu- und Abfuhrräumen sind vorteilhaft Verstärkungsstreben S zur mechanischen Stabilisierung angeordnet, da der Fluidruck in den Zu- und Abfuhrkanälen versucht, die Längsleisten der Plattenelemente nach außen zu drücken. Die Verspannung der Strömungsplatten kann hier vorteilhaft über Zuganker ZA erfolgen, die in den vorgesehenen Bohrungen der Strömungsplatten angeordnet werden. Zur Abdichtung gegen den Außenraum sowie zwischen den Fluiden werden die Dichtungen D wie in der **Fig. 1** gezeigt vorzugsweise als umlaufende Dichtungen eingesetzt.

Das in **Fig. 1** gezeigte Strömungsfeld für Fluid 2 weist eine punktsymmetrische Struktur der Kanäle K bezüglich des Plattenmittelpunktes sowie folgende weitere Merkmale auf:

- a) jeder Strömungskanal K für Fluid 2 reicht vom Zufuhrraum Z2 bis zum Abfuhrraum A2,
- b) alle Kanäle K für Fluid 2 weisen eine identische Gesamtlänge vom Zufuhrraum Z2 bis zum Abfuhrraum A2 auf,
- c) jeder Kanal K für Fluid 2 weist zwei Richtungsumlenkungen um 90° auf,
- d) die Strömungskanäle K für Fluid 2 verlaufen vom Zufuhrraum Z2 zum Abfuhrraum A2 parallel zueinander,
- f) Fluidzufuhrraum Z2 und Fluidabfuhrraum A2 für Fluid 2 verlaufen im wesentlichen über die gesamte Breite des Strömungsfeldes,
- g) Fluidzufuhrraum Z1, Z3 und Fluidabfuhrraum A1, A3 für Fluid 1 und für Fluid 3 verlaufen im wesentlichen über die Hälfte der Länge des Strömungsfeldes,
- h) die Strömungskanäle K für Fluid 2 gehen über die gesamte Länge des Fluidzufuhrraums Z2 von diesem aus,
- i) die Strömungskanäle K für Fluid 2 münden über die gesamte Länge des Fluidabfuhrraums A2 in diesen.

Eine Anpassung einer bestimmten geforderten mittleren Fluidverweilzeit kann durch eine Verlängerung der Kanallänge unter Beibehaltung der Plattenaußenmaße erreicht werden.

Der Druckabfall pro Kanallänge wird nach Gleichung 1 durch die Abmaße des Kanalquerschnitts im wesentlichen definiert. Dabei bestimmt die Länge des Zufuhr- und Abfuhrraumes die Länge der Kanäle bei konstanten Außenmaßen der Platten. Die Verkürzung des Zufuhr- und Abfuhrraumes und damit Verkleinerung des Strömungsquerschnitts führt zu einer leichten Erhöhung des Druckverlustes in diesen Räumen. Da jedoch gleichzeitig der Druckverlust über den ganzen Kanal durch deren Verlängerung entsprechend höher liegt, ist eine homogene Strömungsverteilung vom Zufuhrraum zu den Strömungskanälen dennoch gegeben.

Das Verhältnis Länge zu Breite des Strömungsplatte bzw. des Strömungsfeldes kann den konkreten Erfordernissen angepaßt werden. So ergibt ein hoher Wert für das Verhältnis Länge zu Breite eine erhöhte Homogenität der Strömung (Propfenströmung).

Das Strömungsprofil erlaubt eine Gegenströmung oder eine Gleichstromführung der Fluide.

Grundsätzlich kann das Verhältnis der Strömungsquerschnitte von Zufuhrraum bzw. Abfuhrraum zu der Summe aller Querschnitte der Strömungskanäle einer Platte mittels Dimensionierung der Länge der Zufuhr- bzw. Abfuhrraumes angepaßt werden.

Die Strömungskanäle können hergestellt werden, indem in die Oberfläche der Strömungsplatten Vertiefungen eingebracht oder, wie im Fall der **Fig. 1**, Erhöhungen E aufgebracht werden. In weiteren vorteilhaften Ausführungen werden durch Unterbrechungen in den Erhöhungen Verbindungen zwischen den parallelen Kanälen geschaffen. Damit kann ein Konzentrationsausgleich realisiert werden.

Die folgende Tabelle nennt beispielhaft mögliche Materialien und Herstellungsweise für die Strömungsplatten:

Materialien	mögliche Herstellung der Kanäle
Metalle (Legierungen)	Prägen von Folien Ätzen der Kanäle

Materialien	mögliche Herstellung der Kanäle
	spanabhebende Bearbeitung der Platten Stanzen der Durchbrechungen Erodieren der Durchführungen
5 Metalle mit Oberflächenbehandlung	Oberflächenbehandlung der Metalle mit leitfähigen Substanzen (Leitlack, Sprühgraphit etc.) die Herstellung der Kanäle und Durchbrechung wird vorzugsweise analog oben durchgeführt
Nichtmetalle	Prägen der Graphitfolien
10 a) Graphitfolien oder Folien	spanabhebende Bearbeitung der Graphitplatten Herstellung der Plattengeometrie über eine Form
b) leitfähige Kunststoffe oder Kunststoffkombination (Composites)	Spritzgießen der Platten Extrudieren der Platten spanabhebende Bearbeitung
15 c) Elastomerwerkstoffe (elektr. leitfähigkeit)	Stanzen der Platten Extrudieren der Platten/bzw. Folien Gießen der Platten Stanzen der Platten

20 In einer beispielhaften Ausführung werden in einem erfindungsgemäßen Strömungsmodul für die Strömungskammern der drei Fluide folgende Strömungsfelder gewählt:

Kammer für Fluid 1:  
25 Strömungsfeld mit geradlinigen parallelen Kanälen (ohne Umlenkungen), z. B. für das Kühlfluid in einer Brennstoffzelle,  
Kammer für Fluid 2:  
Strömungsfeld wie in **Fig. 1** dargestellt, mit geradlinigen parallelen Kanälen und zwei Umlenkungen, wobei die Gruppe der parallelen Kanäle über die gesamte Breite des Strömungsfelds verläuft; z. B. für den Reaktant in einer Brennstoffzelle,  
30 Kammer für Fluid 3:  
analog Strömungsfeld für Fluid 2, z. B. für den Oxidant in einer Brennstoffzelle.

Die Integration der Strömungsplatten zu einem Strömungsmodul kann zum Beispiel folgendermaßen erfolgen:  
35 Das Strömungsmodul mit mehreren einseitig oder beidseitig mit Kanälen K versehenen Strömungsplatten wird vorzugsweise über mindestens zwei Endplatten verpreßt. Hierzu werden zur Verpressung vorteilhafte Schrauben eingesetzt, die außerhalb oder innerhalb der Strömungsplatten angeordnet sind. Dabei werden die Zuganker Z nach **Fig. 1** vorzugsweise in die Strömungsplatten integriert, oder direkt durch die Durchbrechungen der Zu- und Abfuhräume geführt. Die Preßkraft wird in einer weiteren Ausführung auch mittels Bänder aufgebracht, die das Strömungsmodul umschließen.

40 **Fig. 2** zeigt eine weitere Strömungsplatte für ein 3-Kammerströmungsmodul. Der Unterschied zu der Strömungsplatte nach **Fig. 1** ist die Tatsache, daß Fluidzufuhrraum und Fluidabfuhrum für Fluid 1 sowie die Gruppe der davon ausgehenden bzw. in diese mündenden parallelen Kanäle im wesentlichen ein Drittel der Breite des Strömungsfelds einnehmen. Die Strömungskanäle von Fluid 1, die aus **Fig. 2** nicht zu erkennen sind, jedoch analog der Kanäle für Fluid 1 in **Fig. 3** aufgebaut sind, weisen einen serpentinenförmigen Verlauf mit vier 90°-Umlenkungen auf. Durch den serpentinenförmigen Verlauf entsteht eine Kanalverlängerung mit der Folge einer Erhöhung der Fluidverweilzeit, die in diesem Maße für entsprechende Anwendungen gefordert wird. Unter Verwendung dieser dargestellten Strömungsplatte kann vorteilhaft folgendes Strömungsmodul aufgebaut werden:

Kammer für Fluid 1:  
50 Strömungsfeld wie oben beschrieben und analog zu den in **Fig. 3** dargestellten Strömungsfeld,  
Kammer für Fluid 2:  
Strömungsfeld wie in **Fig. 2** dargestellt,  
Kammer für Fluid 3:  
Strömungsfeld analog zu **Fig. 2**.

55 **Fig. 3** zeigt eine weitere Strömungsplatte für ein 3-Kammerströmungsmodul.

Die Strömungskanäle von Fluid 1 weisen einen serpentinenförmigen Verlauf mit vier 90°-Umlenkungen auf. Durch den serpentinenförmigen Verlauf entsteht eine Kanalverlängerung mit der Folge einer Erhöhung der Fluidverweilzeit. Mit dem dargestellten Strömungsfeld kann das folgende Strömungsmodul realisiert werden:

60 Kammer für Fluid 1:  
Strömungsfeld wie in **Fig. 3** dargestellt,  
Kammer für Fluid 2:  
Strömungsfeld analog zu **Fig. 3**,  
65 Kammer für Fluid 3:  
Strömungsfeld mit geradlinigen parallelen Kanälen (ohne Umlenkungen).

**Fig. 4** zeigt eine weitere Strömungsplatte für ein 3-Kammerströmungsmodul. Mit dem dargestellten Strömungsfeld

kann das folgende Strömungsmodul realisiert werden:

Kammer für Fluid 1:

Strömungsfeld mit geradlinigen parallelen Kanälen (ohne Umlenkungen), z. B. für das Kühlfluid in einer Brennstoffzelle;

Kammer für Fluid 2:

Strömungsfeld gemäß Fig. 4. Es beinhaltet serpentinenförmige Kanalverläufe mit sechs 90°-Umlenkungen. Eine Gruppe paralleler Kanäle überstreicht serpentinenförmig den ganzen Strömungsbereich. Fluidzufuhrraum und Fluidabfuhrraum sowie die Gruppe der davon ausgehenden bzw. in diese mündenden parallelen Kanäle nehmen im wesentlichen die Hälfte der Breite des Strömungsfelds ein;

Kammer für Fluid 3:

analog Strömungsfeld für Fluid 2.

Die Kammern für Fluid 2 und Fluid 3 können bei einer Brennstoffzelle vom Reaktant oder Oxidant durchströmt werden.

#### Anwendungsbeispiele für 3-Kammerströmungsmodulare

##### Beispiel 1

##### Konventionelle Brennstoffzellenmodul (Fig. 5)

Die meisten Brennstoffzellentechnologien (Brennstoffzelle wird im folgenden auch mit BZ abgekürzt) weisen drei separate Fluidkammern auf, nämlich Reaktanten-, Oxidanten- und Kühlkammer. Jedes Fluid beansprucht separate Kammern mit einem bestimmten Strömungsfeld. Das erfindungsgemäße 3-Kammerströmungsmodul eignet sich deshalb insbesondere für derartige Brennstoffzellenanwendungen. Es kann dabei für Brennstoffzellen mit Festelektrolyt (z. B. PEM), fixiertem- oder flüssigem Elektrolyten eingesetzt werden.

Die Fig. 5 zeigt in schematischer Darstellung die Strömungsführung für die drei beteiligten Fluide in deren zugeordneten Strömungskammern in einem Brennstoffzellenstack. Ein Brennstoffzellenstack umfaßt einen Stapel aus einer Mehrzahl einzelner Brennstoffzellen. Die obere Skizze zeigt die Stromführung des Oxidanten, z. B. Luft (1. Kammer), die mittlere Skizze die Führung des Kühlfluids (2. Kammer) und die untere Skizze die Führung des Reaktanten (3. Kammer), typischerweise H<sub>2</sub>. Die Ziffern 10, 11 bezeichnen die Stackendplatten. Die Linien 1, 2 parallel zu den Längsseiten des Stacks symbolisieren die Strömung der betreffenden Fluide innerhalb der Zu- und Abfuhrkanäle. Die Linien 3 symbolisieren die Strömung der betreffenden Fluide durch die Kammern.

##### Beispiel 2

Brennstoffzelle mit integriertem Befeuchtermodul und mit Wasser oder wäßriger Lösung zur Wasserdampfbefeuchtung des Oxidanten und/oder Reaktanten (Fig. 6)

Fig. 6 zeigt die Ausführung eines Brennstoffzellenstacks, bei dem zusätzlich ein in den Stack integriertes Befeuchtermodul vorhanden ist. Der Stack ist somit unterteilt in Befeuchtermodul und BZ-Modul. Das Befeuchtermodul dient zur Wasserdampfbefeuchtung des Oxidanten (Luft).

Die obere Darstellung zeigt die Stromführung in den Kammern für das erste Fluid (Luft). Die Luft tritt befeuchterseitig ein und durchläuft das Befeuchtermodul. Dabei wird die eintretende Luft permeatseitig über wasserpermeable Membranen mittels eines Kühlfluids (z. B. Wasser oder wäßriger Lösung), das sich in den Kammern für das zweite Fluid befindet, befeuchtet. Nachfolgend wird der befeuchtete Gasstrom über eine Trennplatte 20 zum BZ-Modul geleitet. Nach der Durchströmung durch das BZ-Modul tritt der verbrauchte Gasstrom brennstoffzellenseitig aus.

Die mittlere Darstellung zeigt die Stromführung in den Kammern für das zweite Fluid (Kühlfluid). Es durchläuft das BZ-Modul, wird über die Trennplatte 20 zum Befeuchtermodul geleitet, wo es über die erwähnten wasserpermeablen Membranen zur Befeuchtung der Luft dient.

Die untere Darstellung zeigt die Stromführung in den Kammern für das dritte Fluid (Reaktant). Durch das Vorhandensein der Trennplatte 20 zwischen BZ-Modul und Befeuchtermodul strömt es nur innerhalb des BZ-Moduls.

##### Beispiel 3

##### Membranmodul (Fig. 7)

Ein erfindungsgemäßes 3-Kammerströmungsmodul kann auch Anwendung für Membrandestillationsprozesse finden. Dabei (Fig. 7, untere Darstellung zeigt eine einzelne Zelle) diffundiert Dampf (erstes Fluid) über eine Membrane von der Feedseite (Feedkammer) zur Permeatseite (Permeatkammer). Permeatseitig wird dann der Dampf (2. Fluid) an einer kalten Wand kondensiert, die durch ein durchströmendes Kühlfluid (3. Fluid) temperiert wird. Diese Kühlkammer ist benachbart zur Permeatkammer angeordnet.

Die Strömungsführung der einzelnen Fluide bei einem Stack aus mehreren Einzelzellen ist in den drei oberen Darstellungen gezeigt.



## 4-Kammerströmungsmodul

Das 4-Kammerströmungsmodul besteht aus Kammern für die Aufnahme von vier Fluiden. Dabei können die Kammern für die einzelnen Fluide beliebig angeordnet bzw. aneinandergereiht werden. Für jede Kammer ist mindestens ein Zufuhr- und ein Abfuhrraum vorgesehen. Von den Zufuhr- und Abfuhrräumen besteht ein direkter Zugang für die Fluide zu den Kanälen der Strömungsplatte.

Wesentlicher Unterschied zwischen 3- und 4-Kammerströmungsmodul hinsichtlich der Strömungsplatten ist die Tatsache, daß nun entlang jeder Kantenlänge des rechteckigen Strömungsfelds genau zwei Zufuhr- oder Abfuhräume vorhanden sind. Ansonsten entsprechen die Strömungsfelder der 4-Kammerströmungsmodule denjenigen der 3-Kammerströmungsmodule.

**Fig. 8** zeigt eine Strömungsplatte für ein 4-Kammerströmungsmodul. Die Strömungskanäle für Fluid 2 weisen jeweils zwei 90°-Umlenkungen auf. Dadurch wird eine sehr kurze Kanallänge erzielt.

**Fig. 9** zeigt eine weitere Strömungsplatte für ein 4-Kammerströmungsmodul. Die Strömungskanäle für Fluid 2 weisen hier einen serpentinenförmigen Verlauf mit genau sechs 90°-Umlenkungen auf.

Unter Verwendung dieser Strömungsfelder können folgende 4-Kammerströmungsmodule realisiert werden:

## Modul 1

Kammer für Fluid 2 und 3:

Strömungsfeld gemäß **Fig. 8** mit zwei 90°-Umlenkungen,

Kammer für Fluid 1 und 4:

Strömungsfeld mit vier 90°-Kanalumlenkungen, wobei die Kanäle einen serpentinenförmigen Verlauf aufweisen.

## Modul 2

Kammer für Fluid 2 und 3:

Strömungsfeld gemäß **Fig. 9** mit sechs 90°-Umlenkungen,

Kammer für Fluid 1 und 4:

Strömungsfeld mit vier 90°-Kanalumlenkungen, wobei die Kanäle einen serpentinenförmigen Verlauf aufweisen.

## Anwendungsbeispiele für 4-Kammerströmungsmodule

## Beispiel 4

Brennstoffzellen-Stack mit flanschseitiger Luftkühlung und stackintegrierter Befeuchtung (**Fig. 10**)

Bei dieser Anwendung besteht das 4-Kammerströmungsmodul aus dem Brennstoffzellenmodul (Stapel einzelner Brennstoffzellen) sowie Kühlermodul und Befeuchtermodul. Aufgabe der Anordnung ist es, den Oxidanten (Luft), der bei der Einleitung in das Modul komprimiert und dabei erwärmt wurde, zuerst abzukühlen, dann zu befeuchten und anschließend dem Brennstoffzellenmodul zuzuführen. Die Brennstoffzellen können z. B. vom Typ Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEM) sein.

Die Strömungsführung für Oxidanten (oben), Kühlfluid (Mitte) und Reaktanten (unten) sind im einzelnen in den Darstellungen der **Fig. 10** abgebildet.

Das Kühlfluid (mittlere Darstellung), das zunächst das Brennstoffzellenmodul durchströmt hat, wird vom BZ-Kühlfluidaustritt des BZ-Moduls zum Kühlermodul geführt. Ausgehend vom Kühlermodulaustritt wird das Kühlfluid mittels Umlenkplatte **22** auf die Kammern für das vierte Fluid zum Befeuchtermodul umgeleitet. Daß es sich hier um verschiedene Kammern handelt, ist in der **Fig. 10**, mittlere Darstellung derart dargestellt, daß die horizontalen Linien im Befeuchter-Modul gegenüber denen im Brennstoffzellenmodul und Kühlermodul parallel versetzt sind. Die Kammern stehen also mit unterschiedlichen Zu- und Abfuhrkanälen in Verbindung. Nach der Befeuchtung der Luft mit dem erwärmten Kühlfluid wird das Kühlfluid über eine Austrittsplatte **21** aus dem Stack geführt.

Der Oxidant (obere Darstellung) wird nacheinander vom Kühlmodul über Befeuchtermodul mittels entsprechender Plattendurchbrechungen der Umlenkplatte zum BZ-Modul geleitet.

Der Reaktant (untere Darstellung), z. B.  $H_2$ , wird brennstoffzellenseitig oder kühlmodulseitig in den Stack eingeführt und in die Brennstoffzellen des BZ-Moduls geführt.

Im einzelnen ergeben sich somit folgende beispielhaften Belegungen für die einzelnen Kammern (generell sind beliebige Kombinationen von Kammern und Fluiden möglich):

Kammern für Fluid 1:

Oxidant der Brennstoffzelle, der darin gekühlt und befeuchtet sowie im BZ-Modul an die Brennstoffzellenmembranen hingeführt und abgeführt wird,

Kammern für Fluid 2:

Kühlfluid, das darin zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie anschließend zur Kühlung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient,

Kammern für Fluid 3:

Kühlfluid (nach Umleitung mittels der Umlenkplatte **22**), das darin zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen gekühlten Oxidanten dient,

Kammern für Fluid 4:

Reaktant der Brennstoffzelle.

## Beispiel 5

Brennstoffzellen-Stack mit flanschseitiger und stackintegrierter Luftbefeuchtung sowie stackintegrierter Luftkühlung (Fig. 11)

In dieser Ausführung durchströmt das Kühlfluid das BZ-Modul, durch die Trennplatte **20** hindurch in das Kühlermodul und anschließend in das Befeuchtermodul, bevor es aus dem Stack austritt (mittlere Darstellung).

Die Luft (obere Darstellung) hingegen tritt zuerst in das Kühlermodul ein, und wird dann zum Befeuchtermodul geleitet. Über eine Umlenkplatte **22** zwischen Kühlermodul und Befeuchtermodul wird die Luft auf die Kammern für das vierte Fluid und darin zum BZ-Modul geführt.

Der Reaktant (untere Darstellung) wird analog Beispiel 4 geführt.

Im einzelnen ergeben sich somit beispielhaft folgende Belegungen für die einzelnen Kammern:

Kammern für Fluid 1:

Oxidant der Brennstoffzelle, der darin gekühlt wird,

Kammern für Fluid 2:

gekühlter Oxidant (nach Umleitung mittels der Umlenkplatte **22**), der darin befeuchtet wird sowie anschließend im BZ-Modul an die Brennstoffzellenmembran hingeführt und abgeführt wird,

Kammern für Fluid 3:

Kühlfluid, das darin zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie anschließend zur Kühlung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient, sowie anschließend zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das zweite Fluid befindlichen Oxidanten dient,

Kammern für Fluid 4:

Reaktant der Brennstoffzelle.

## Beispiel 6

Brennstoffzellen-Stack mit stackintegrierter Luftbefeuchtung mittels produktwasserbeladenem verbrauchten Brennstoffzellen-Luftstrom (Fig. 12)

Der zu befeuchtende Luftstrom (obere Darstellung) strömt durch einen Zufuhrkanal des BZ-Moduls zum Befeuchtermodul. Dort wird der eintretende Luftstrom über wasserpermeable Membranen feedseitig mittels dem aus den Brennstoffzellen austretendem und produktwassergesättigtem Luftstrom befeuchtet. Anschließend durchläuft der befeuchtete Luftstrom eine Umlenkplatte **22**, die den Luftstrom in einen neuen Fluidzufuhrkanal für die 4. Kammer des 4-Kammerströmungsmoduls lenkt. In den Brennstoffzellen innerhalb des BZ-Moduls reichert sich die Luft anschließend mit Produktwasser bis zur Sättigung an und wird zum Befeuchtermodul geleitet. Nach der Befeuchtung der Frischluft tritt die verbrauchte Luft befeuchterseitig aus dem Stack.

Im einzelnen ergeben sich somit beispielhaft folgende Belegungen für die einzelnen Kammern:

Kammern für Fluid 1:

Oxidant der Brennstoffzelle, der darin befeuchtet wird,

Kammern für Fluid 2:

befeuchteter Oxidant (nach Umleitung mittels der Umlenkplatte **22**), der darin an die Brennstoffzellenmembranen im BZ-Modul hingeführt und abgeführt wird sowie anschließend zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient,

Kammern für Fluid 3:

Kühlfluid zur Kühlung der Brennstoffzelle,

Kammern für Fluid 4:

Reaktant der Brennstoffzelle.

In einer alternativen Ausführung (untere Darstellung der Fig. 12) tritt der Luftstrom befeuchterseitig ein und durchläuft anschließend das Brennstoffzellenmodul.

Mit dieser Anordnung, die u. a. eine stackintegrierte Luft (O<sub>2</sub>)-Befeuchtung verwirklicht, kann auf ein Flüssigfluidkreislauf zur Wasserdampfbefeuchtung verzichtet werden. Dadurch wird eine für mobile Anwendung erforderliche frostsichere Brennstoffzelle erzielt. Als Kühlfluid für die Brennstoffzellen werden frostsichere Fluide eingesetzt.

Im einzelnen ergeben sich bei dieser Ausführung beispielhaft folgende Belegungen für die einzelnen Kammern:

Kammern für Fluid 1:

Oxidant der Brennstoffzelle, der darin befeuchtet sowie anschließend an die Brennstoffzellenmembranen im BZ-Modul hingeführt und abgeführt wird,

Kammern für Fluid 2:

Brennstoffzellenabluft (nach Umleitung mittels der Umlenkplatte), die darin zur Befeuchtung des sich in der ersten Kammer befindlichen Oxidanten der Brennstoffzelle dient,

Kammern für Fluid 3:

Kühlfluid zur Kühlung der Brennstoffzelle,

Kammern für Fluid 4:

Reaktant der Brennstoffzelle.

In analoger Weise wird auch kann anstatt des Oxidanten der in den Stack eintretende Reaktant befeuchtet werden.

### Beispiel 7

- 5 Brennstoffzellen-Stack mit stackintegrierter Luftbefeuchtung mittels produktwasserbeladenem verbrauchtem Brennstoffzellen-Luftstrom sowie stackintegrierter Luftkühlung (Fig. 13)

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit für ein 4-Kammerströmungsmodul zeigt

- 10 Fig. 13. Zusätzlich zu der in Fig. 12 gezeigten Ausführung wird die Luft unmittelbar nach Eintritt in das Modul in einem Kühlermodul gekühlt (obere Darstellung). Die Kühlung erfolgt durch das Kühlfluid (mittlere Darstellung), nachdem dieses das Brennstoffzellenmodul verlassen hat.

Im einzelnen ergeben sich bei dieser Ausführung beispielhaft somit folgende Belegungen für die einzelnen Kammern:

Kammern für Fluid 1:

- 15 Oxidant der Brennstoffzelle, der darin gekühlt sowie anschließend befeuchtet wird,

Kammern für Fluid 2:

abgekühlter und befeuchteter Oxidant (nach Umleitung mittels der Umlenkplatte 22), der darin an die Brennstoffzellenmembran im BZ-Modul hingeführt und abgeführt sowie anschließend zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient,

- 20 Kammern für Fluid 3:

Kühlfluid, das darin zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie anschließend zur Kühlung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient,

Kammern für Fluid 4:

Reaktant der Brennstoffzelle.

25

### Zusammenhänge Druckverlust in ebenen Kanälen

Druckverlust in ebenen Kanälen

30

$$(1) \quad \Delta p = \psi \cdot \frac{l}{d_h} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

35

$$(2) \quad d_h = 4 \frac{A}{U} = \frac{2a \cdot b}{a + b}$$

- 40 laminare Strömung nach DORNISCH

$$(3) \quad \psi = \varphi_r \cdot \frac{64}{Re} \quad (4) \quad Re = \frac{V \cdot d_h}{\nu}$$

45

$$(5) \quad \varphi_r = 0,878 + 0,0566 \varepsilon + 0,758 \varepsilon^2 - 0,193 \varepsilon^3$$

50

$$(6) \quad \varepsilon = \frac{a - b}{a + b} = \frac{1 - b/a}{1 + b/a}$$

turbulente Strömung  $Re > 2320$  nach Blasius

55

$$(7) \quad \psi = (100 Re)^{-\frac{1}{4}}$$

l: Kanallänge

60  $\rho$ : Fluideichte

$V$ : mittlere Geschwindigkeit

$d_h$ : hydraulischer Durchmesser

$\psi$ : Widerstandszahl

a: Kanalbreite

65 b: Kanaltiefe

$\nu$ : kinetische Viskosität

Druckverluste in Umlenkungen

allgemein:

$$(8) \quad \Delta p = \zeta_k \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

5

 $\zeta$ : Widerstandsbeiwert

D: Krümmungsdurchmesser

d: Rohrdurchmesser bzw. hydraulischer Durchmesser

10

für  $Re \cdot (d/D)^2 < 80$ 

$$(9) \quad \zeta = \varphi \left\{ 0,0127 + \frac{0,158}{\left[ Re (d/D)^2 \right]^{1/4}} \right\} \cdot \theta_r \cdot (D/d)^{1/2}$$

15

für  $Re(d/D)^2 > 80-10^5$ 

$$\theta_r = \theta \cdot \frac{2 \pi}{360}$$

20

25

$$(10) \quad \zeta = \frac{\varphi \cdot 0,138}{\left[ Re(d/D)^2 \right]^{0,17}} \cdot \theta_r (D/d)^{1/2}$$

30

für  $\theta = 45^\circ$ : (11)  $\varphi = 1 + 14,2(d/D)^{1,47}$ für  $\theta = 90^\circ$ : (12)  $\varphi = 0,95 + 17,2(d/D)^{1,96}$  mit  $D/d < 19,7$ (13)  $\varphi = 1$  mit  $D/d > 19,7$ für  $\theta = 180^\circ$ : (14)  $\varphi = 1 + 116(d/D)^{4,52}$ 

35

## Patentansprüche

1. Strömungsmodul, insbesondere Brennstoffzelle, mit einseitig oder beidseitig mit einer Mehrzahl von Strömungskanälen (K) strukturierten Strömungsplatten, zwischen denen Strömungskammern für drei oder vier Fluide gebildet sind, wobei

40

- pro Kammer mindestens ein Fluidzufuhrraum (Z1-Z4) und ein Fluidabfuhrraum (A1-A4) vorhanden ist,
- die Strömungskanäle (K) innerhalb einer Kammer zueinander parallel sind, und jeweils einen der Fluidzufuhrräume (Z1-Z4) mit einem der Fluidabfuhrräume (A1-A4) verbinden, wobei die Strömungskanäle (K) die gleiche Länge aufweisen, und
- die Gesamtheit der Strömungskanäle (K) einer Kammer ein rechteckiges Strömungsfeld bilden, welches bezüglich seines Mittelpunkts Punktsymmetrie aufweist,

45

**dadurch gekennzeichnet, daß**

- jeder Fluidzufuhrraum (Z1-Z4) und jeder Fluidabfuhrraum (A1-A4) sich zumindest über ein Viertel der Kantenlänge des Strömungsfelds erstreckt,
- die Strömungskanäle (K) über die gesamte Länge des Fluidzufuhrraums (Z1-AZ) von diesem ausgehen, und
- die Strömungskanäle (K) über die gesamte Länge des Fluidabfuhrraums (A1-A4) in diesen münden,
- die Strömungskammern für mindestens eines der Fluide zwei, jedoch maximal sechs Umlenkungen aufweisen.

50

55

2. Strömungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Richtungsänderung an allen Umlenkungen jeweils  $90^\circ$  beträgt.

3. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, da durch gekennzeichnet, daß die Strömungskanäle (K) unter einem Winkel von  $90^\circ$  von dem Fluidzufuhrraum (Z1-Z4) ausgehen und unter einem Winkel von  $90^\circ$  in den Fluidabfuhrraum (A1-A4) münden.

60

4. Strömungsmodul nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in den Fluidzufuhrräumen (Z1-Z4) und den Fluidabfuhrräumen (A1-A4) Streben (S) zur mechanischen Stabilisierung vorhanden sind.

5. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für drei Fluide nach einem der Ansprüche 1 bis 4 als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Befeuchtung des Oxidanten und/oder Reaktanten.

65

6. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für drei Fluide nach einem der vorangehenden Ansprüche als Membrandestillationsvorrichtung.

7. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für vier Fluide nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4 als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Kühlung und Befeuchtung des Oxidanten, wobei die Kammern für das erste Fluid von dem Oxidanten der Brennstoffzelle durchströmt werden, der darin gekühlt und befeuchtet sowie an die Brennstoffzellenmembran hingeführt und abgeführt wird,

die Kammern für das zweite Fluid von einem Kühlfluid durchströmt werden, das darin zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie anschließend zur Kühlung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient, die Kammern für das dritte Fluid von dem Kühlfluid durchströmt wird, das darin zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen gekühlten Oxidanten dient, die Kammern für das vierte Fluid von dem Reaktanten der Brennstoffzelle durchströmt werden.

8. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für vier Fluide nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4 als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Kühlung und Befeuchtung des Oxidanten, wobei die Kammern für das erste Fluid von dem Oxidanten der Brennstoffzelle durchströmt werden, der darin gekühlt wird,

die Kammern für das zweite Fluid von dem gekühlten Oxidanten durchströmt wird, der darin befeuchtet wird sowie anschließend an die Brennstoffzellenmembran hingeführt und abgeführt wird,

die Kammern für das dritte Fluid von einem Kühlfluid durchströmt werden, das darin zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie anschließend zur Kühlung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient, sowie anschließend zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das zweite Fluid befindlichen Oxidanten dient, die Kammern für das vierte Fluid von dem Reaktanten der Brennstoffzelle durchströmt werden.

9. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für vier Fluide nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4 als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Befeuchtung des Oxidanten, wobei die Kammern für das erste Fluid von dem Oxidanten der Brennstoffzelle durchströmt werden, der darin befeuchtet wird,

die Kammern für das zweite Fluid von dem befeuchteten Oxidanten durchströmt werden, der darin an die Brennstoffzellenmembran hingeführt und abgeführt wird sowie anschließend zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient,

die Kammern für das dritte Fluid von einem Kühlfluid zur Kühlung der Brennstoffzelle durchströmt werden, die Kammern für das vierte Fluid von dem Reaktanten der Brennstoffzelle durchströmt werden.

10. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für vier Fluide nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4 als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Befeuchtung des Oxidanten, wobei die Kammern für das erste Fluid von dem Oxidanten der Brennstoffzelle durchströmt werden, der darin befeuchtet wird sowie anschließend an die Brennstoffzellenmembran hingeführt und abgeführt wird,

die Kammern für das zweite Fluid von der Brennstoffzellenabluft durchströmt wird, die darin zur Befeuchtung des sich in der ersten Kammer befindlichen Oxidanten der Brennstoffzelle dient, die Kammern für das dritte Fluid von einem Kühlfluid zur Kühlung der Brennstoffzelle durchströmt werden, die Kammern für das vierte Fluid von dem Reaktanten der Brennstoffzelle durchströmt werden.

11. Verwendung des Strömungsmoduls mit Strömungskammern für vier Fluide nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 4 als Brennstoffzellenstack mit stackintegrierter Kühlung und Befeuchtung des Oxidanten, wobei die Kammern für das erste Fluid von dem Oxidanten der Brennstoffzelle durchströmt werden, der darin gekühlt wird sowie anschließend befeuchtet wird,

die Kammern für das zweite Fluid von dem abgekühlten und befeuchteten Oxidanten durchströmt werden, der darin an die Brennstoffzellenmembran hingeführt und abgeführt wird sowie anschließend zur Befeuchtung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient,

die Kammern für das dritte Fluid von einem Kühlfluid durchströmt werden, das darin zur Kühlung der Brennstoffzelle sowie anschließend zur Kühlung des sich in den Kammern für das erste Fluid befindlichen Oxidanten dient, die Kammern für das vierte Fluid von dem Reaktanten der Brennstoffzelle durchströmt werden.

---

Hierzu 13 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

Fig. 1

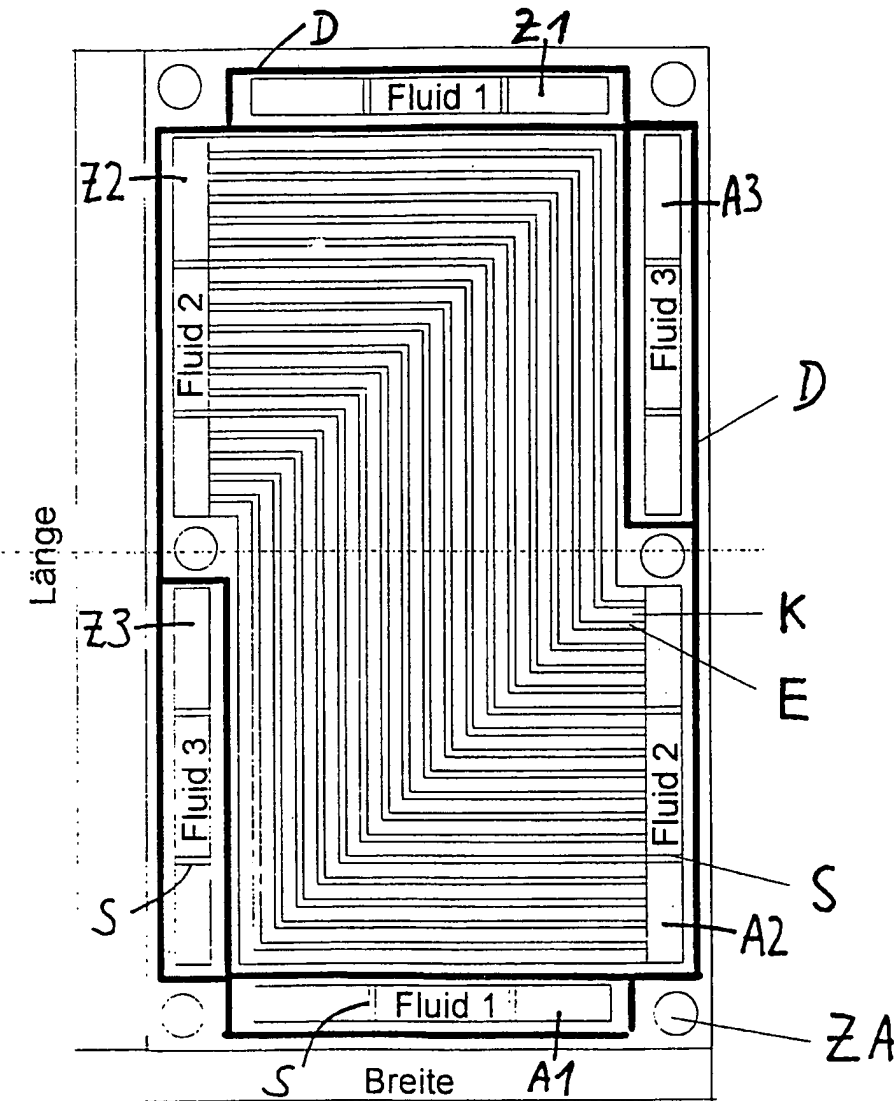


Fig. 2

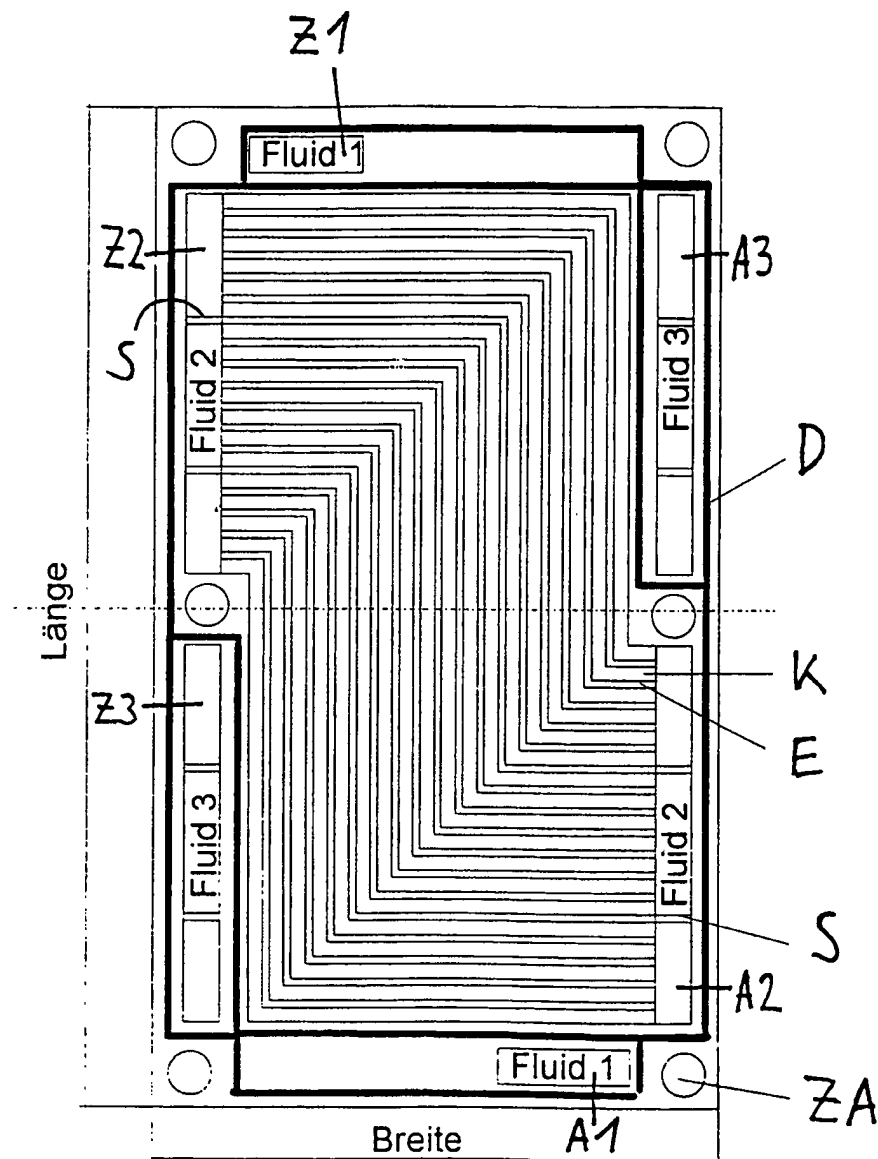




Fig. 3

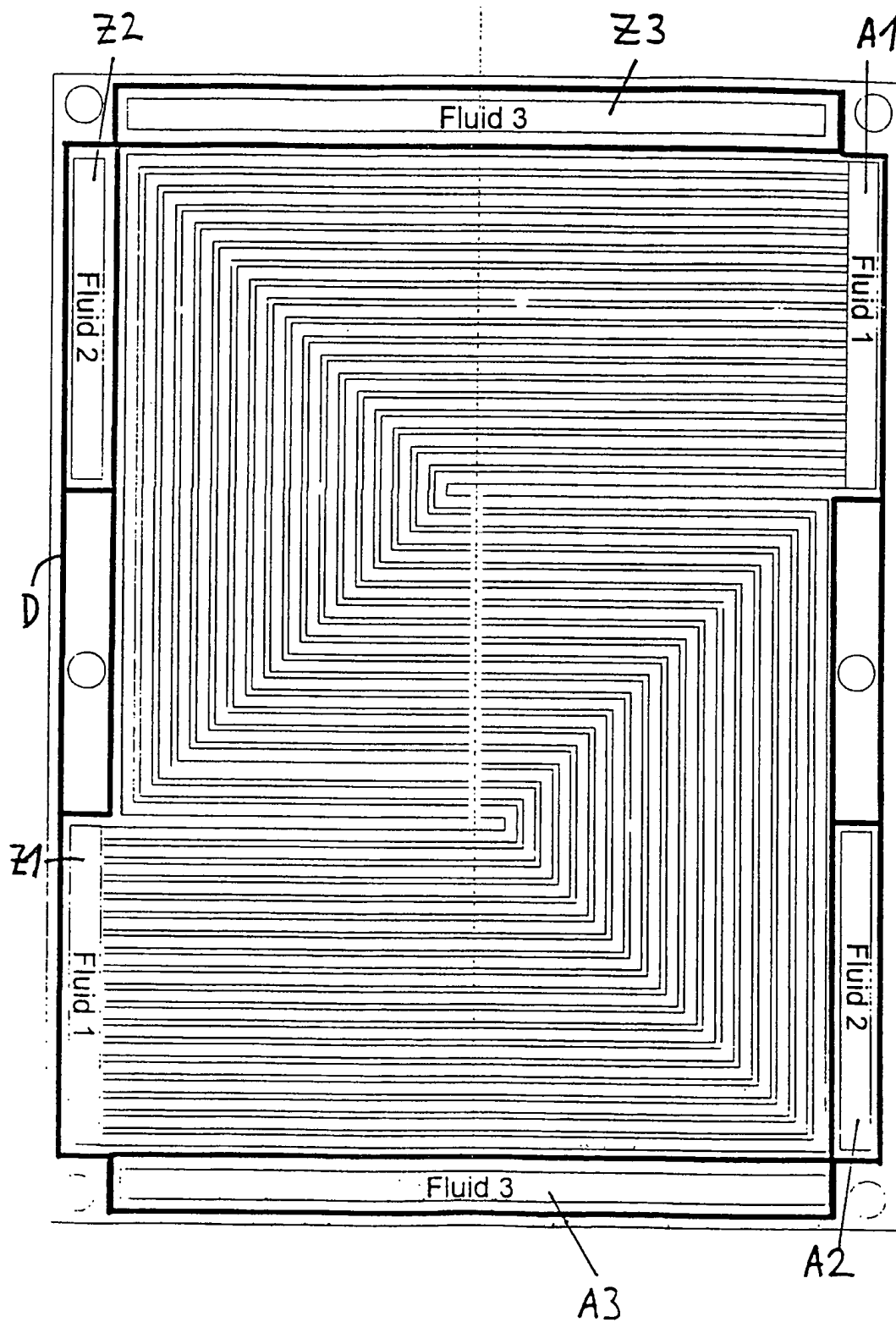
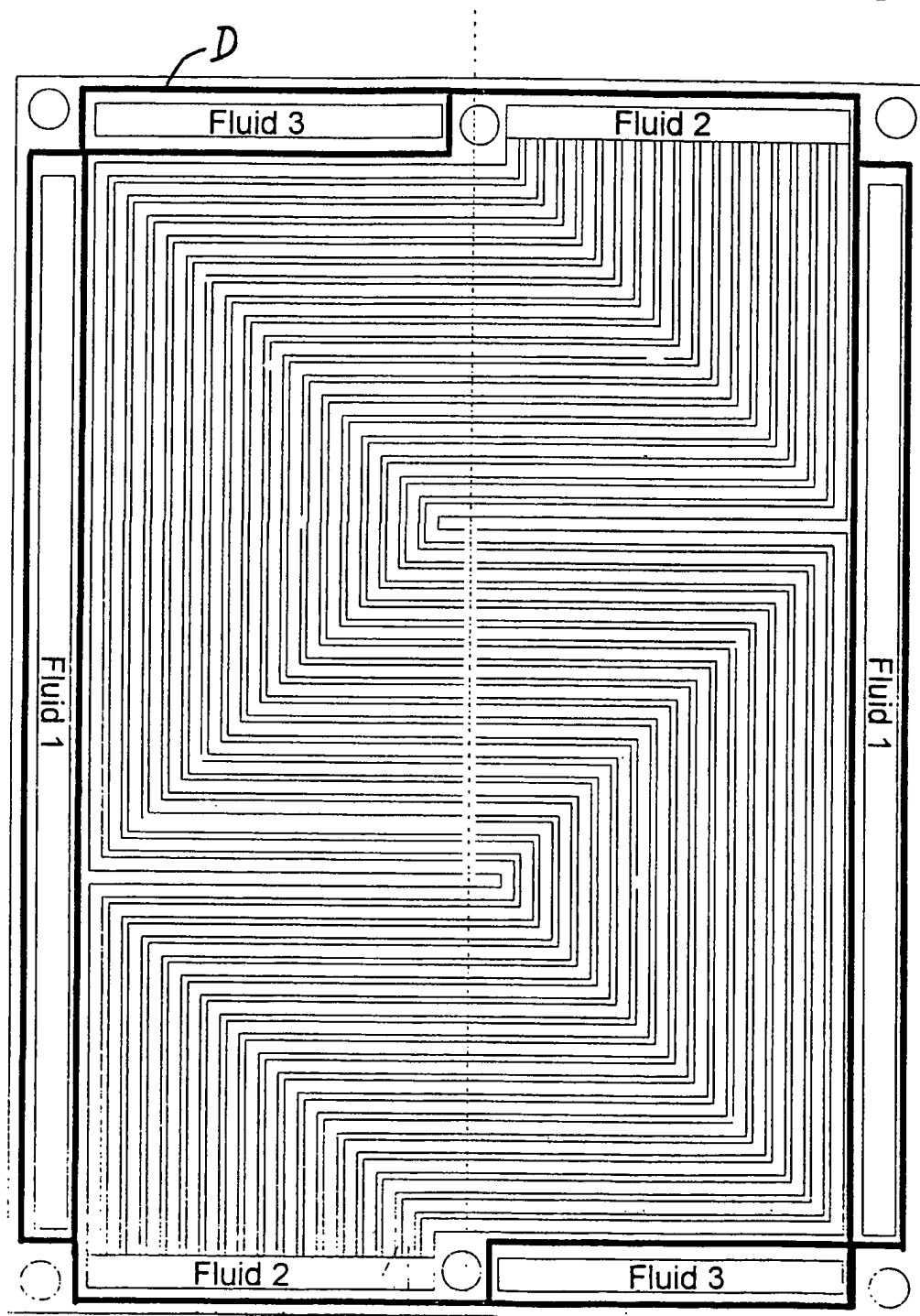


Fig. 4



E K D

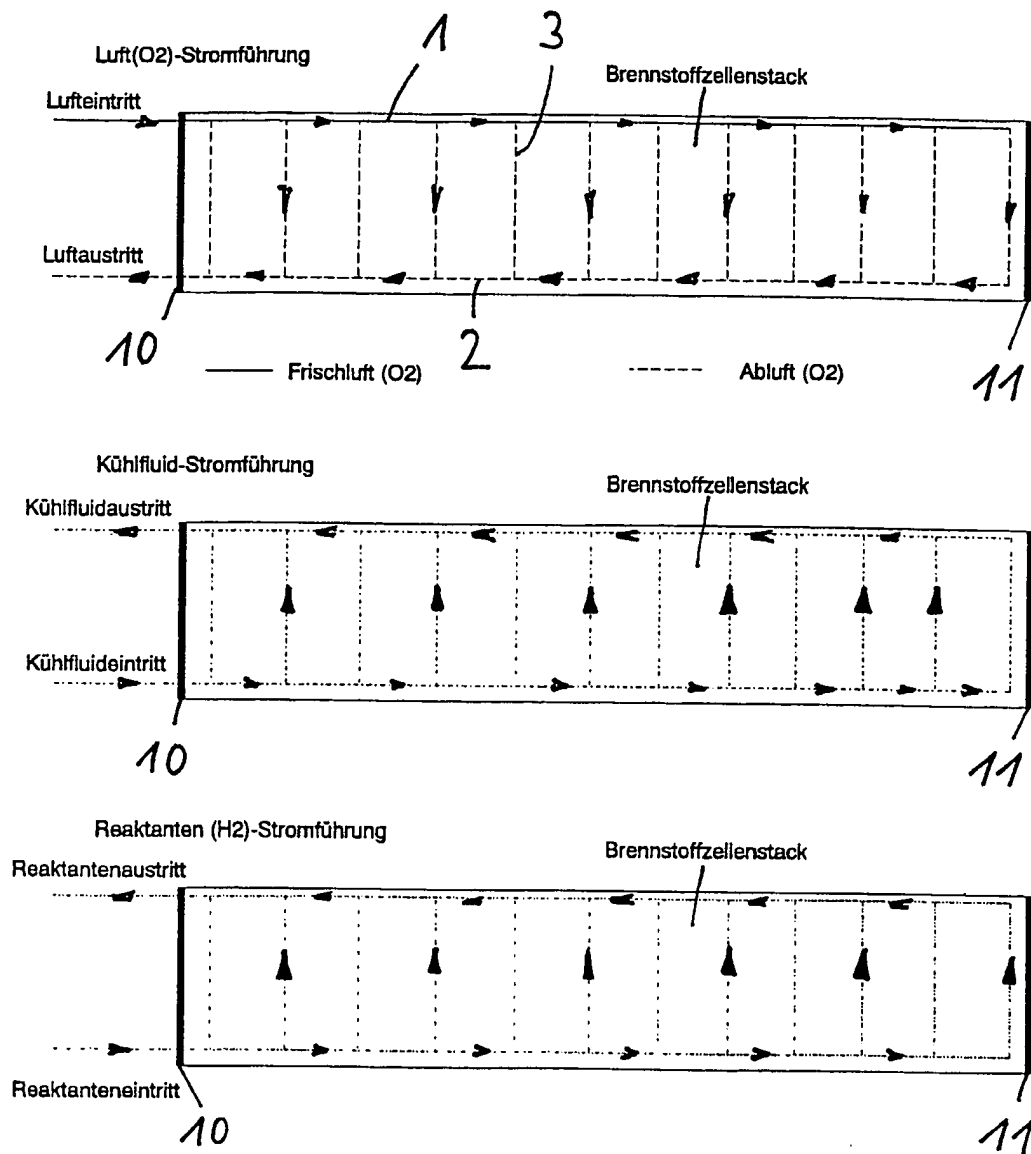


Fig. 5

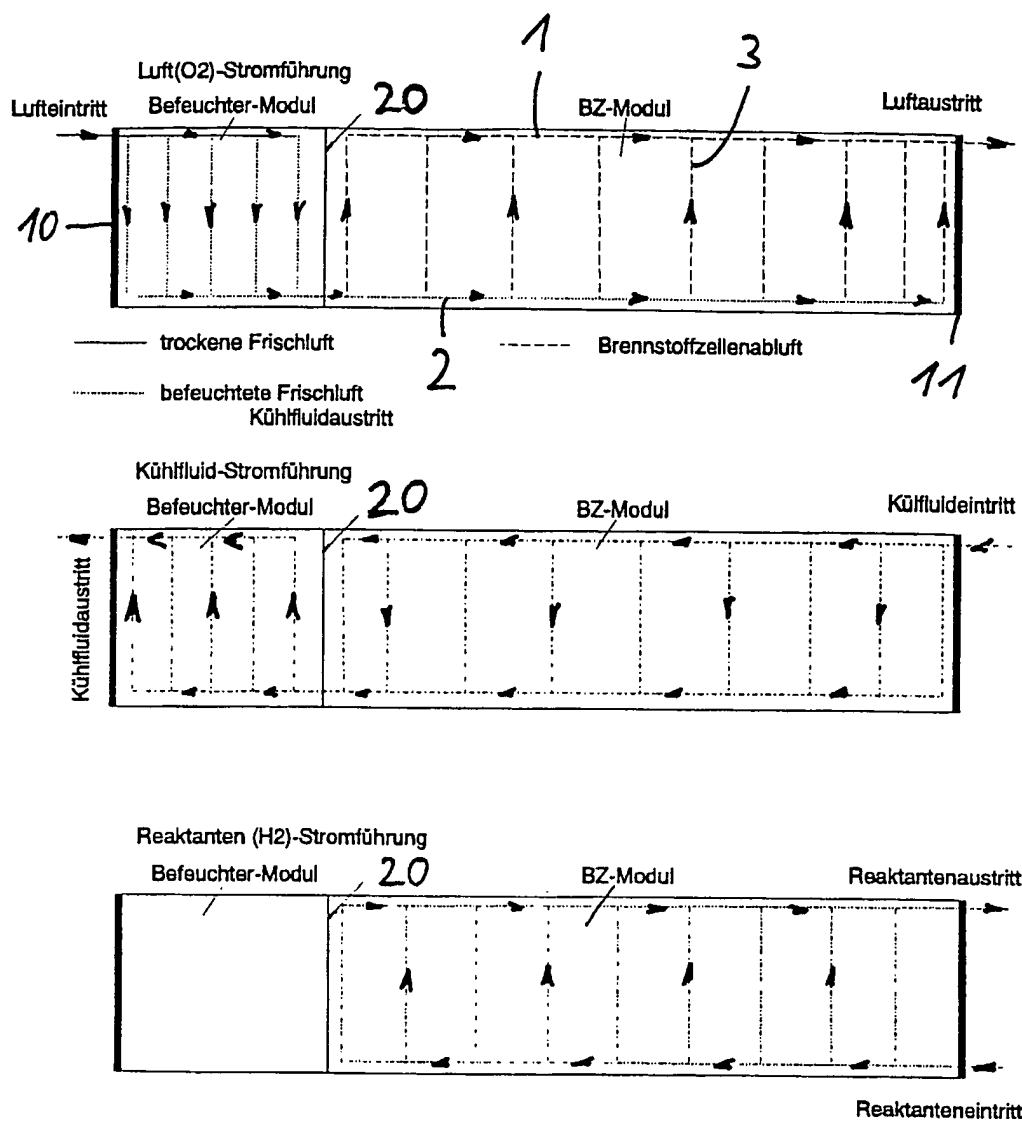


Fig. 6

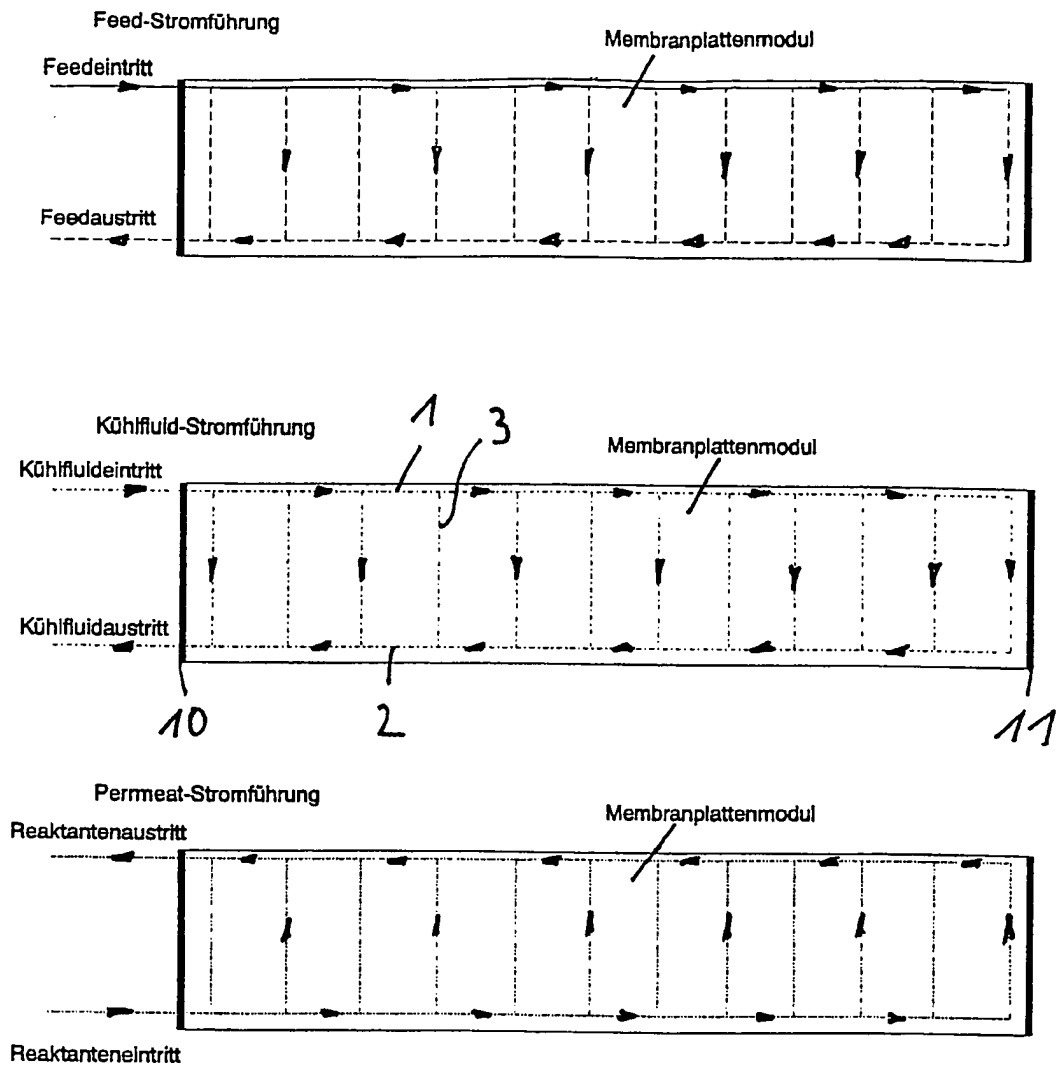


Fig. 7

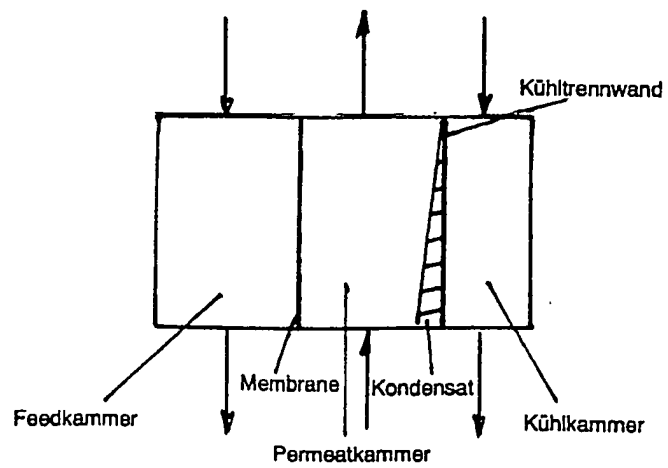


Fig. 8

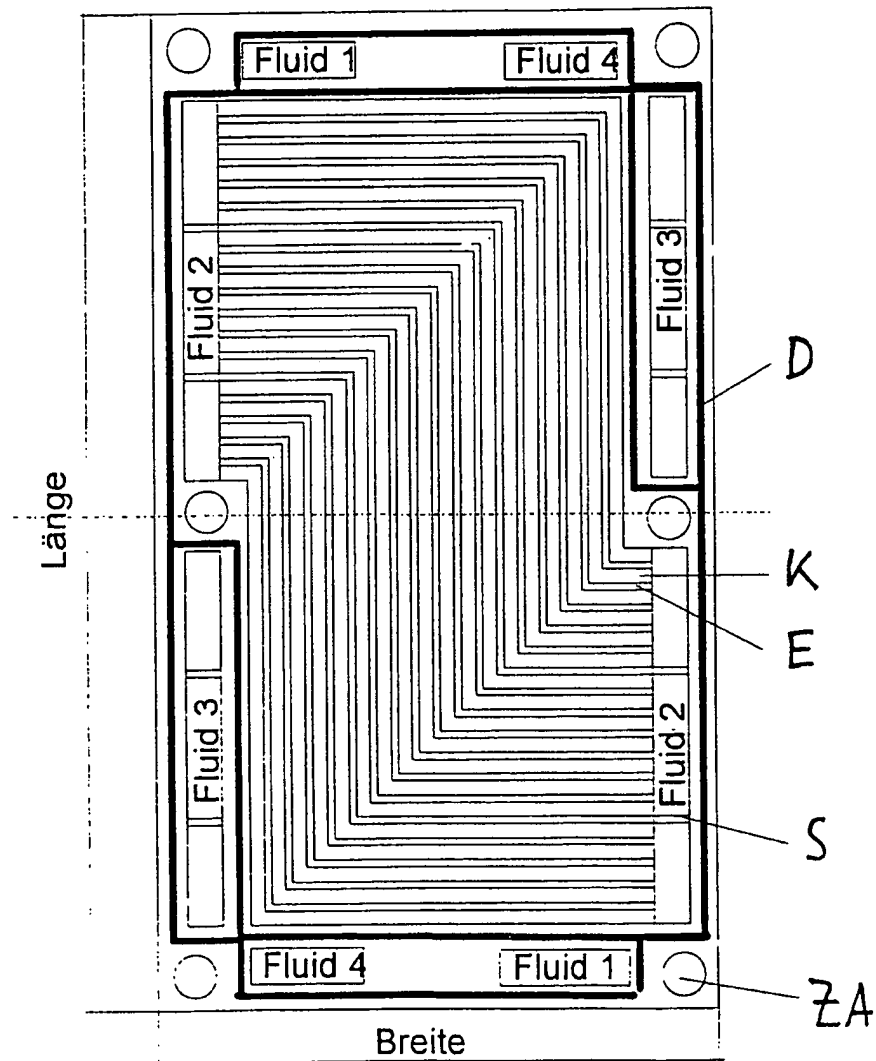
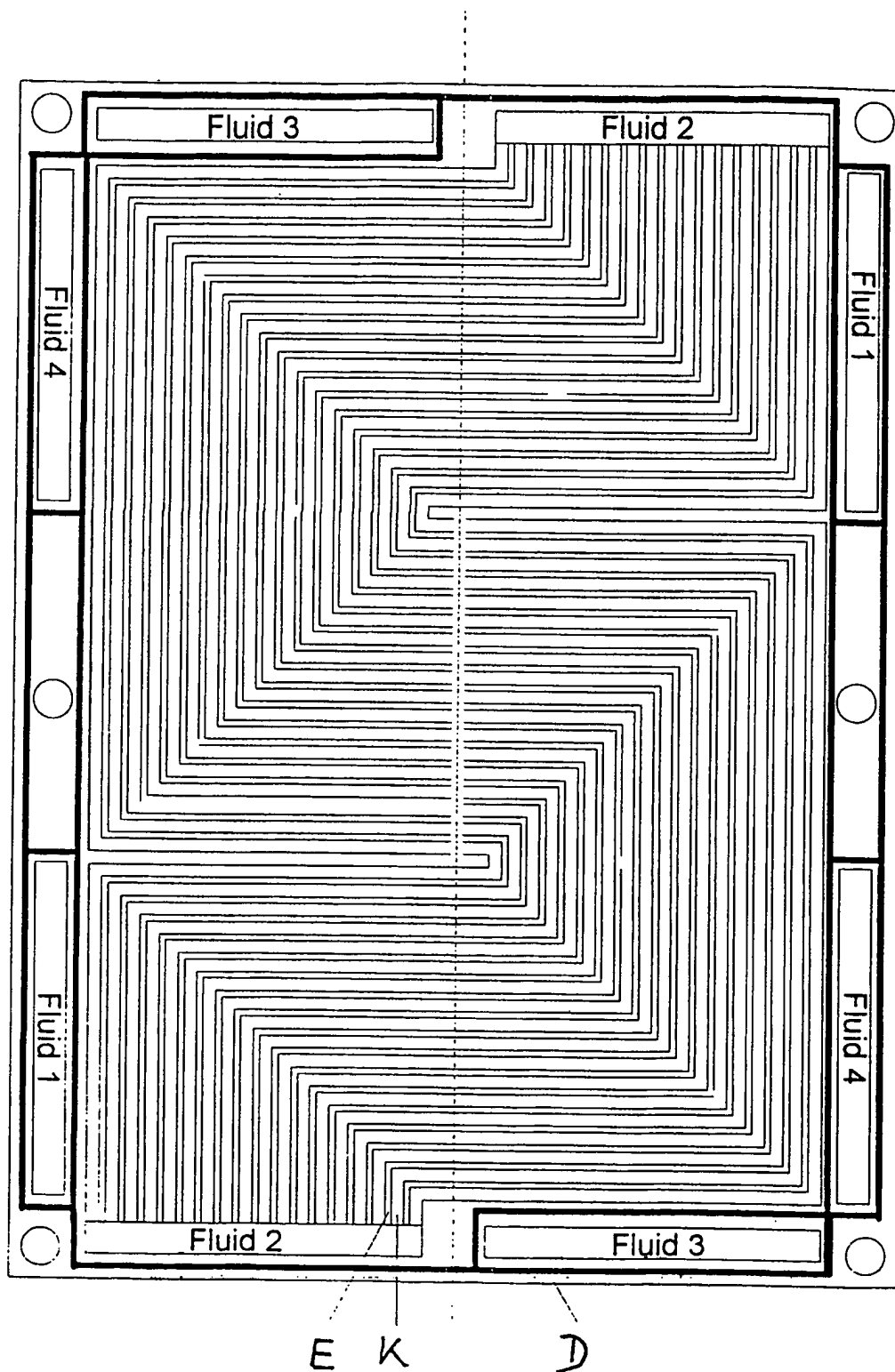


Fig. 9



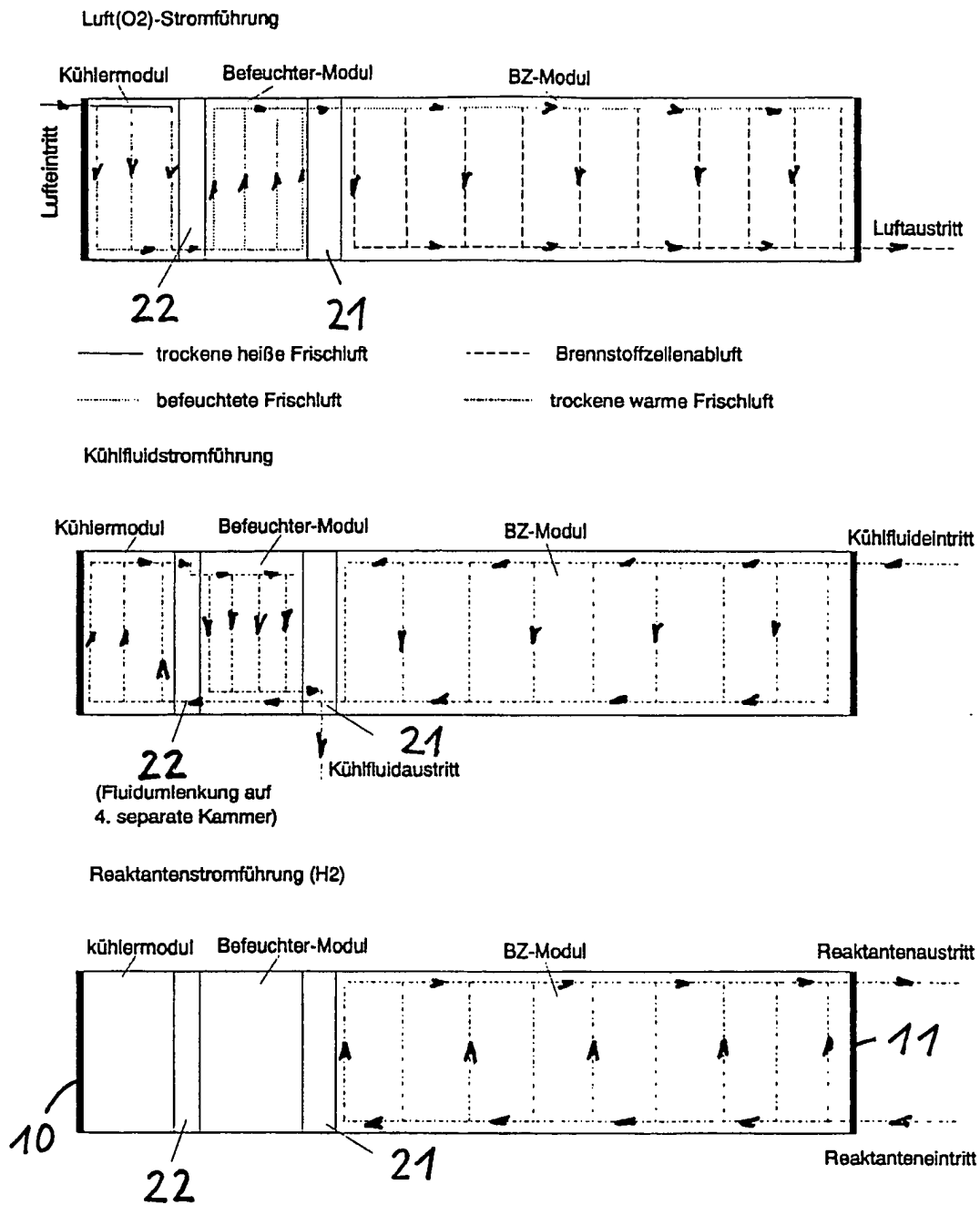


Fig. 10



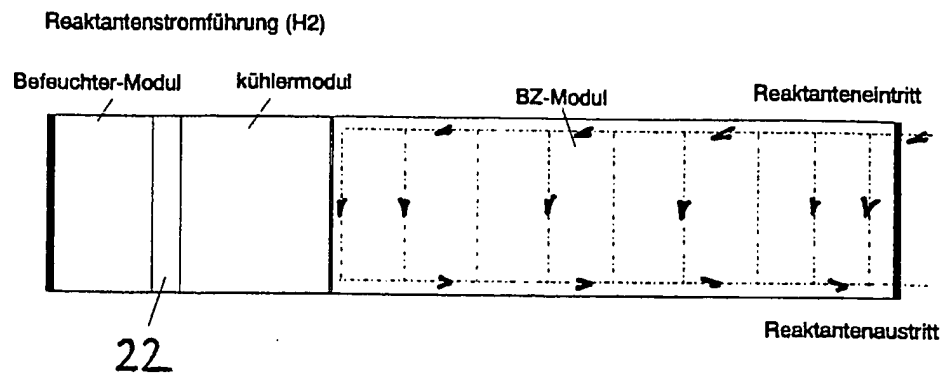
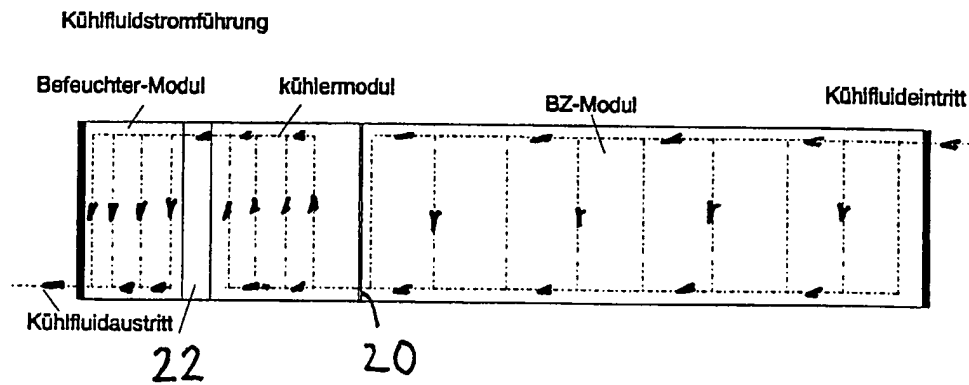
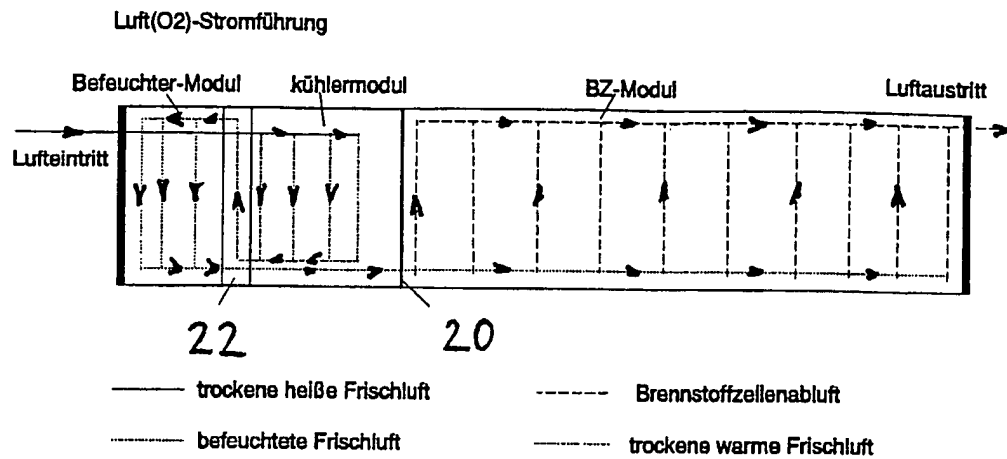


Fig. 11

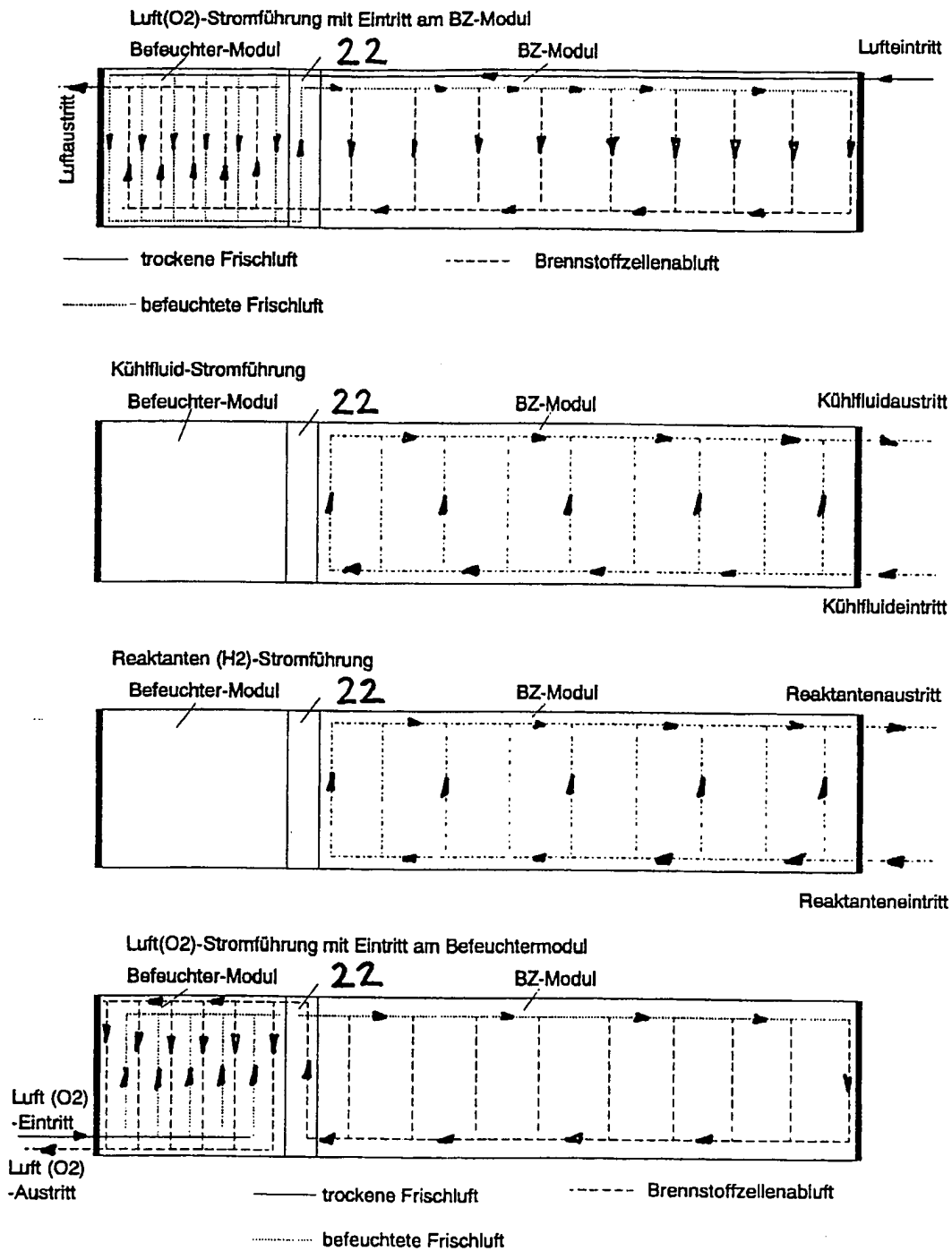


Fig. 12

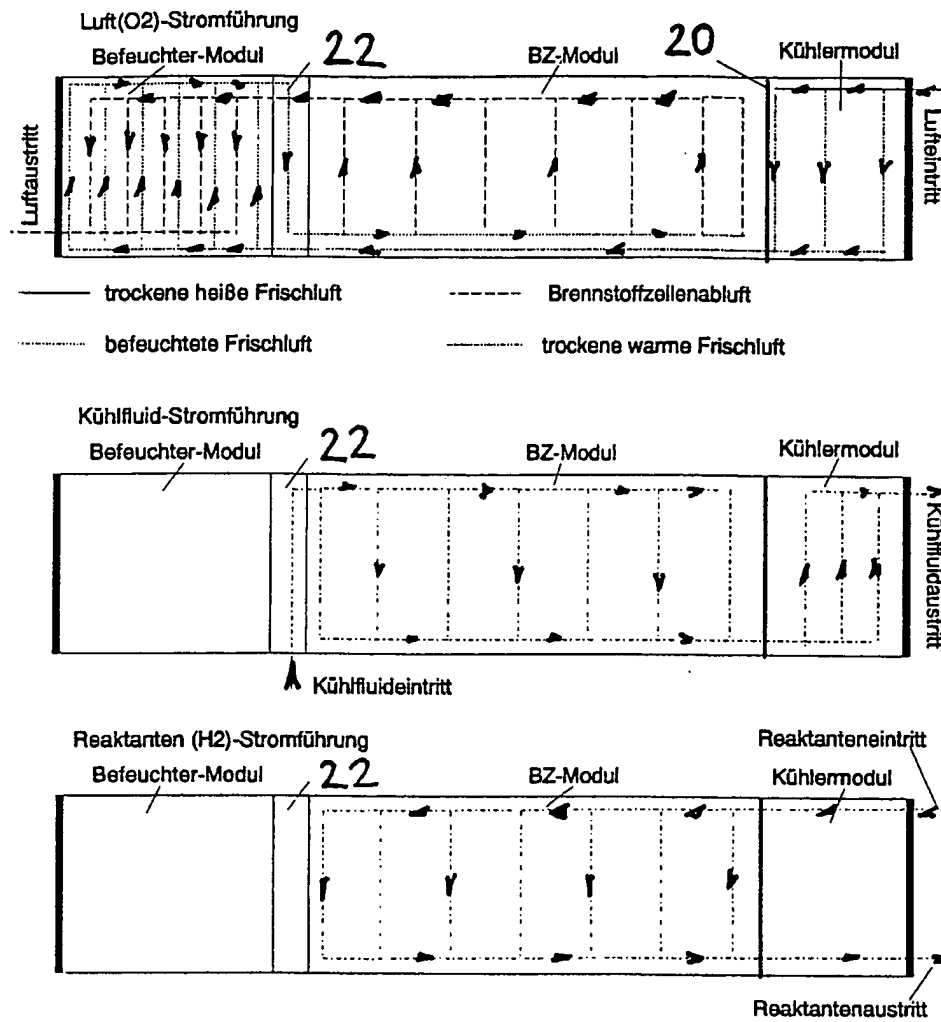








Fig. 13

**Flow module, especially fuel cell****Publication number:** DE19743067 (A1)**Publication date:** 1999-04-01**Inventor(s):** SCHMID OTTMAR [DE]**Applicant(s):** BALLARD POWER SYSTEMS [CA]**Classification:****- international:** *F15D1/02; H01M8/02; H01M8/24; H01M8/04; F15D1/00; H01M8/02; H01M8/24; H01M8/04; (IPC1-7): H01M8/02; F15D1/00; H01M8/04***- European:** F15D1/02; H01M8/02C; H01M8/24D**Application number:** DE19971043067 19970930**Priority number(s):** DE19971043067 19970930**Also published as:** DE19743067 (C2)**Cited documents:** DE19602315 (A1) DE4113049 (A1) US5547776 (A) US5527363 (A) EP0415733 (A2)

more &gt;&gt;

**Abstract of DE 19743067 (A1)**

The module has each fluid admission and discharge chamber extending over at least quarter of edge length of flow field A flow module, especially a fuel cell, has structured flow plates on one side or both sides with a number of flow channels (K), between which are formed flow chambers for three or four fluids. At least one fluid admission chamber (Z1-Z3) and one fluid discharge chamber (A1-A3) is present per chamber. The flow channels inside one chamber are parallel to one another and all connect one of the fluid admission chambers to one of the fluid discharge chambers. The flow channels have the same length. The entirety of flow channels of one chamber forms a rectangular flow field which has point symmetry about its mean point. Each fluid admission chamber and each discharge chamber extends at least over a quarter of the edge length of the flow field.; The flow channels go out over the whole length of the fluid admission chamber from it and they open out over the whole length of the fluid discharge chamber into it. The flow chambers for one of the fluids have two deflections.

---

Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide